

Aus Politik und Zeitgeschichte

bpb:

44–45/2008 · 27. Oktober 2008

Hirnforschung

Beilage zur Wochenzeitung Das **Parlament**

Editorial

Im Alltag scheint es zumeist so, als handelten wir souverän. Doch spielen biochemische Prozesse im Gehirn eine entscheidende Rolle. Bereits Zehntelsekunden vor willentlichen Entscheidungen sind Aktivitäten in den zuständigen Hirnregionen messbar. Unbewusste neuronale Prozesse bestimmen unser Denken, Fühlen und Entscheiden. Durch erhebliche technische Fortschritte bei der Messung von Hirnströmen, etwa mittels bildgebender Verfahren, sind viele solcher Phänomene recht genau lokalisierbar. Ein besseres Verständnis neurologischer Erkrankungen und Fortschritte in der Stammzellforschung versprechen neue Therapiemöglichkeiten.

Der alte Streit um den freien Willen des Menschen ist durch neurowissenschaftliche Erkenntnisse neu entfacht worden. Häufig wird die Hirnforschung bereits als neue Leitdisziplin der Humanwissenschaften bezeichnet – ähnlich wie einst die Philosophie. Die aufklärerische Vorstellung vom autonomen Subjekt, das erkenntnistheoretische Cogito, könnte durch ein neurobiologisches Menschenbild abgelöst werden.

Die große mediale Aufmerksamkeit für die Befunde der Neurowissenschaften sollte nicht darüber hinwegtäuschen, dass Verantwortung für unser Tun und Lassen zur Freiheit gehört. Erziehung und politische Bildung hängen von der Überzeugung ab, menschliches Verhalten sei veränderbar. Das rationale Ich jenseits unbestreitbarer Naturkausalitäten ist für das Menschsein geradezu konstitutiv. Eine Relativierung hätte gravierende Folgen – auch für das Strafrecht. Eine breite gesellschaftliche Diskussion über neuroethische Fragen, etwa über „Neuromarketing“, das der Werbewirtschaft neue Perspektiven zu eröffnen verspricht, und über die medizinischen Implikationen der Hirnforschung steht noch aus.

Hans-Georg Golz

Franz M. Wuketits

Die Illusion des freien Willens

Essay

Vor einigen Jahren vergaß ein junger Amerikaner seine kleine Tochter im Auto. Statt sie, wie täglich auf dem Weg zu seinem Arbeitsplatz, im Kinderhort abzuliefern, hatte er sie mitgenommen und im Auto gelassen. Der Säugling erstickte im geschlossenen Wagen, der den ganzen Tag bei gleißender Hitze auf einem Parkplatz stand. Das ist eine schreckliche Begebenheit. Natürlich wird man den Mann als verantwortungslosen Vater verachten, aber er hat auch Mitleid verdient. Nehmen wir an, dass er kein schlechter Mensch ist und seinem Kind die übliche väterliche Zuneigung entgegenbrachte, dann ist er durch dieses furchtbare Ereignis für den Rest seines Lebens bestraft.

Franz M. Wuketits
Dr. phil., geb. 1955; Professor für Wissenschaftstheorie an der Universität Wien, Universitätsstraße 7, 1010 Wien/Österreich.
franz.wuketits@univie.ac.at

Was war geschehen? Aus irgendwelchen Gründen muss der Mann an jenem Tag geistesabwesend, mit etwas gedanklich so stark beschäftigt gewesen sein, dass alles andere – selbst sein kleines Kind – vorübergehend aus seinem Kopf verschwand. Er hatte gewiss nicht die Absicht, seine Tochter zu gefährden, war aber auch nicht im Stande, so zu handeln, dass das Kind unversehrt blieb. Von freiem Willen wird man dabei jedenfalls nicht reden können. Möglicherweise wäre es dem Mann ein – sehr schwacher – Trost, zu wissen, dass er nicht „frei" gehandelt hat.

Wohl jeder kennt andere, viel harmlosere Beispiele, die ebenfalls Zweifel daran aufkommen lassen, dass der Mensch kraft seines freien Willens handelt. Freilich, die meisten bekamen schon in der Schule zu hören, dass der Mensch mit Verstand und einem freien Willen ausgestattet sei, was ihn unter allen Lebewesen auszeichne. Und im Allgemeinen glauben wir auch, dass wir uns frei entscheiden, zwischen Alternativen frei wählen können. Aber können wir das wirklich? Viele Hirnforscher verneinen das. Jeder Mensch sei, meint zum Beispiel Wolf Singer, wie er eben ist, und kann nicht anders sein. Das Gehirn gebe den Ton an, der Mensch führe nur aus, was sein Hirn ihm sagt. Aus Sicht der Evolutionsbiologie sieht die Sache ähnlich aus. Natürlich ist das Gehirn nicht eine vom Rest unserer physischen Existenz losgelöste Instanz, aber es ist das Steuerungszentrum unserer Wahrnehmungen, unseres Denkens, Handelns und Wollens.

Wir sind doppelt bebürdet

Wir Menschen sind wie alle anderen Organismen Resultate der Evolution durch natürliche Auslese oder Selektion und in erster Linie auf das Überleben programmiert. Unser Gehirn wurde nicht dazu konstruiert, die „objektive Wahrheit" über die Welt zu erkennen, sondern bloß dafür, es seinem „Träger" zu ermöglichen, sich halbwegs in ihr zurechtzufinden und erfolgreich durchzumanövrieren. Es ist anfällig für Täuschungen und Illusionen, die aber nicht weiter schlimm sind, solange sie nicht im Widerspruch stehen zum grundlegenden biologischen Imperativ: „Bleibe möglichst lange am Leben und sorge für deine Fortpflanzung!" Ob es uns passt oder nicht, diesem Imperativ können wir uns nicht entziehen. Wir sind durch unsere Stammesgeschichte als Gattung bebürdet; wir tragen unsere stammesgeschichtliche Vergangenheit mit uns herum. Anders gesagt: Unsere „äffische" Natur ist nicht zu beschwindeln.

Von der Evolution wurden wir mit Dispositionen ausgestattet, gegen die wir uns im Sinne des Überlebens nicht entscheiden können, die aber umgekehrt sehr wohl unsere Entscheidungen beeinflussen und unser Handeln steuern – oft in stärkerem Maße als uns angenehm ist. So können wir uns beispielsweise nicht gegen den Schlaf entscheiden. Zwar können wir vorübergehend gegen Schläfrigkeit ankämpfen, aber irgendwann fallen wir buchstäblich um.

Entscheidungen zu treffen ist immer eine Frage der Rahmenbedingungen. Äußere Faktoren spielen eine große Rolle, vor allem, wenn es um die Sicherung von Nahrungsressourcen geht. In der Not frisst der Teufel auch

Fliegen, weiß der Volksmund; und in der Tat haben wir bei knappen Ressourcen keinen Entscheidungs- beziehungsweise Handlungsspielraum, sondern nehmen, was wir zwischen die Zähne kriegen. Sitzen wir an einer mit Köstlichkeiten gedeckten Tafel, ist es anders – aber ob wir uns lieber am Kalbsbraten, am gedünsteten Lachs oder an gebackenem Gemüse delektieren, hängt wiederum von einer Reihe „Vorentscheidungen“ ab, die unser Gehirn trifft und die uns nicht bewusst sind.

Wir sind nämlich nicht nur als Gattung – evolutionär – bebürdet, sondern auch von unserer jeweils eigenen Biografie. Jede und jeder von uns ist beladen mit einer Fülle an Wahrnehmungen, Erlebnissen, Eindrücken und Erinnerungen, die mit zunehmendem Alter naturgemäß immer mehr werden, die wir zum Teil verdrängen – sonst wäre es nicht auszuhalten –, aber nicht auslöschen können. In einer entsprechenden Situation dringt, ob wir wollen oder nicht, gar manches wieder an die Oberfläche. Frühe Prägungen beeinflussen unsere Entscheidungen und unser Handeln erheblich. Warum jemand das gebackene Gemüse dem Kalbsbraten vorzieht, kann Ausdruck sehr früher Erlebnisse und Assoziationen sein, die sich einer rationalen Reflexion weitgehend entziehen. Die Vorliebe für bestimmte Speisen, die Angst vor Schlangen, die Abneigung gegen rote Socken (unabhängig von der jeweiligen Mode), die Lust am Kartenspiel – nichts kommt von ungefähr, doch alles, was wir je erlebt und gelernt haben, beeinflusst unser Denken, unser Handeln und unsere Entscheidungen. So, wie wir als Spezies den Affen in uns nicht abstreifen können, können wir auch die uns individuell prägenden Erfahrungen und Erlebnisse nicht „vergessen“. Sie sind unsere ständigen Begleiter; manchmal halten sie sich im Verborgenen, manchmal aber treten sie in geradezu unangenehmer Manier hervor und können uns in gesellschaftliche Kalamitäten bringen.

Willensfreiheit – eine Illusion?

Wohl jeder kennt die folgende – oder eine ähnliche – Situation. Ich bin unterwegs zu einer Buchhandlung, in der Absicht, ein bestimmtes Buch zu erwerben. Kurz vor dem Buchladen kommt mir plötzlich, unerwartet, ein guter Freund entgegen. Natürlich bleibe ich zur Begrüßung stehen, freue mich über die Begegnung und lade den Freund spontan zu einem Kaffee ein (oder lasse mich von ihm dazu „verführen“). Damit habe ich meine ursprüngliche Absicht kurzfristig zurückgedrängt, den Besuch der Buchhandlung auf später verschoben. Selbstverständlich hätte ich einfach weitergehen können, dem Freund keine Beachtung schenken müssen (ich hatte ja ein klares Ziel vor Augen), aber kaum einer würde sich so verhalten (weil wir uns nicht ins soziale Abseits stellen wollen). Da die Begegnung eine angenehme war, bereue ich die Änderung meines Vorhabens überhaupt nicht. War es aber meine freie Willensentscheidung, mit dem Freund ein Café aufzusuchen? Im Nachhinein kann ich sagen: „Ja, natürlich, niemand hat mich dazu gezwungen.“

Ähnlich verhält es sich mit diesem Artikel. Niemand hat mich gezwungen, ihn zu schreiben, ich wurde vielmehr freundlich dazu eingeladen. Was Sie, verehrte Leserin, verehrter Leser, gerade – hoffentlich mit Genuss, oder zumindest nicht verärgert – aufnehmen, ist das Ergebnis dieser Einladung. Ich hätte zahlreiche Gründe finden können, diesen Essay nicht zu schreiben. Tatsache aber ist, dass ich nach solchen Gründen erst gar nicht gesucht, sondern gleich meine Zusage gegeben habe. Allerdings bin ich nicht in rationale Reflexionen darüber versunken, ob ich die Zeit dafür finden und in der Lage sein würde, das Manuskript rechtzeitig abzuliefern. Nun, ich habe es – wie so oft, im letzten Augenblick – geschafft (dabei hatte ich viele Monate dafür Zeit). Eine Reihe von „Attraktoren“ muss mich dazu veranlasst haben, diesen Essay zu schreiben, so wie meine Lust am Schreiben insgesamt von verschiedenen, bereits in frühen Phasen meiner Biografie verankerten Antrieben determiniert wird.

Um nicht zu sehr ins (Auto-)Biografische abzugleiten: Ich möchte festhalten, dass der freie Wille in der Tat bloß eine Illusion ist, wenn auch eine nützliche. Sicher, niemand kann leugnen, dass wir einen Willen haben (den wir im Übrigen ebenso auch anderen Primaten, sowie Hunden, Katzen und noch verschiedenen Tieren einräumen dürfen), doch ist dieser Wille nicht frei, sondern eingebunden in einen Komplex psychischer Phänomene, die ihre ebenso komplexe Geschichte haben. Warum aber soll die Illusion des freien Willens nützlich sein? Die Vorstellung, etwas sozusagen aus sich heraus, allein und autonom be-

wirkt zu haben, vermittelt uns im Allgemeinen positive Gefühle. Schon ein prähistorischer Mensch, der mit einem einfachen Steinwerkzeug einen Ziegenbock erschlug – und damit sich und den Seinen eine Mahlzeit sicherte –, wird von dem befriedigenden Gefühl „Das war ich!" ergriffen worden sein.

„Wo ein Wille ist, da ist auch ein Weg", sagt man gemeinhin. Das ist sicher nicht ganz falsch, denn der Wille kann vieles bewirken. Fragt man aber, warum jemand dieses oder jenes will, dann kommt man wiederum zu jenem Komplex unbewusst wirkender Faktoren, die den Willen kontrollieren. Wie der Philosoph Peter Bieri bemerkt: „Unser Wille entsteht nicht im luftleeren Raum. Was wir wünschen und welche unserer Wünsche handlungswirksam werden, hängt von vielen Dingen ab, die nicht in unserer Verfügungsgewalt liegen." Und selbstverständlich wissen wir, dass manches, was wir wollen, nicht realisierbar ist. Gelegentlich aber staunen wir darüber, was uns so alles gelingt.

Umgang mit dem unfreien Willen

Wie lebt es sich mit dem Bewusstsein, dass Willensfreiheit nur eine Illusion sei? Eigentlich ganz gut, denn erstens können wir ja immer noch so tun, als ob wir uns frei entscheiden, und zweitens spielt das Problem bei vielen Alltagshandlungen ohnehin keine Rolle. Was eine Person dazu bewegt, statt Kalbsbraten gebackenes Gemüse zu essen (oder umgekehrt), braucht ihr nicht wichtig zu sein – Hauptsache, es schmeckt. Es wäre geradezu unerträglich, und wir hätten kaum Freude am Leben, würden wir bei allem, was wir tun, (selbst-)kritisch nach den Motiven fragen. Außerdem empfinden wir bei vielen – wahrscheinlich den meisten – Entscheidungen in unserem Alltag keinen Zwang, sodass sich gleichsam automatisch ein Gefühl von Freiheit einstellt.

Was einen Menschen als Person definiert, hängt von seinem Gehirn ab. Sein Selbstbewusstsein, seine Wünsche, Hoffnungen, Freuden, Befürchtungen, Ängste und Träume gehen von jenem Organ aus, das schließlich unsere Gattung zu dem gemacht hat, was sie heute ist – ein Wesen mit der Fähigkeit, über sich selbst, seine Vergangenheit und mögliche Zukunft nachzudenken und sich sogar autonom und frei zu wähnen. Diese Erkenntnis braucht uns nicht zu kränken, ist doch unser Gehirn ein Teil von uns und nicht etwa irgendeine Kraft, die uns von außen beeinflusst. Wenn man entgegen der früheren – und nach wie vor beliebten – Auffassung, wonach der Mensch ein „Geistwesen" sei, nun sagen muss, er sei ein „Gehirnwesen", dann ändert das in unserem „praktischen" Leben kaum etwas.

Problematisch wird es allerdings bei Verbrechen. Sein Gehirn erlaubt dem Menschen bekanntlich nicht nur, Essays zu schreiben, Opern zu komponieren und landwirtschaftliche Geräte zu bauen, sondern auch, einen Mord zu planen und auszuführen. Daher hat das Problem der Willensfreiheit seine unbestreitbare Relevanz in der Ethik und im Strafrecht. Die These von der Unfreiheit des Willens sorgt für mitunter hitzig geführte Debatten im Hinblick auf die Schuldfähigkeit des Menschen. Wenn jeder Mensch sowohl von der Stammesgeschichte seiner Gattung als auch von seiner Individualgeschichte bebürdet ist, kann man ihn für sein Handeln – selbst, wenn dieses einen Mord einschließt – nicht zur Verantwortung ziehen. Oder etwa doch?

Nach allem, was uns die Ergebnisse der modernen Hirnforschung (aber auch anderer Disziplinen wie der Evolutionsbiologie oder der Verhaltensforschung) nahe legen, sollten wir uns von den althergebrachten Konzepten von Schuld und Strafe verabschieden. Aber das bedeutet keineswegs, dass wir jede Tat eines Menschen hinnehmen dürfen oder gar müssen. Einem Mörder, der sich auf die Unfreiheit seines Willens zurückzieht und meint, er sei gezwungen gewesen, einen anderen Menschen zu töten, kann man antworten: „Sicher, dich trifft keine Schuld im engeren Sinn, du konntest dich nicht anders entscheiden, aber da nun einmal andere Menschen nicht von dir getötet werden wollen, müssen wir dich – wir können ja auch nicht anders – aus dem Verkehr ziehen." Was „aus dem Verkehr ziehen" bedeuten kann und soll, ist freilich noch eine andere, strafrechtlich relevante Frage, die hier nicht behandelt werden kann.

Abgesehen von diesen gewiss schwer wiegenden Problemen brauchen wir den Umstand, dass wir mit dem freien Willen einer Illusion aufgesessen sind, nicht tragisch zu nehmen, denn, auf gut Österreichisch gesagt: „Wollen werd' ich ja noch dürfen."

Gerhard Roth

Homo neurobiologicus – ein neues Menschenbild?

Kaum etwas hat in den vergangenen Jahren den Diskurs zwischen den Wissenschaften und den Medien so sehr bestimmt wie das Vordringen neurowissenschaftlicher Erkenntnisse und Konzepte in Themenbereiche, die bisher Theologen, Philosophen, Geistes- und Sozialwissenschaftlern vorbehalten waren, etwa die Frage nach der Willensfreiheit, dem Wesen von Geist und Bewusstsein, der Persönlichkeit und ihrer Veränderbarkeit, Glück und Zufriedenheit bis hin zum Glauben an Gott und einem Leben nach dem Tod.

Gerhard Roth
Dr. phil., Dr. rer. nat., geb. 1942; Gründungsrektor des Hanse-Wissenschaftskollegs Delmenhorst; Professor am Institut für Hirnforschung, Universität Bremen, 28334 Bremen; Präsident der Studienstiftung des deutschen Volkes.
gerhard.roth@uni-bremen.de

Während die einen das Ende abendländischen Denkens befürchten, sehen andere den Vormarsch der Neurowissenschaften als eine Modeerscheinung an, die bald wieder vergehen wird. Ist tatsächlich der „Homo neurobiologicus“ das neue Leitbild? Im Folgenden möchte ich anhand dreier Themenbereiche, die wesentlich unser Menschenbild bestimmten, diese Frage in der gebotenen Kürze zu beantworten versuchen.

Die naturalistische Sicht von Geist und Bewusstsein

Die Frage nach dem Wesen und der Funktion von Geist und Bewusstsein beschäftigt die Menschen, seit es Philosophie und Wissenschaften gibt. Traditionell werden Geist und Bewusstsein als etwas angesehen, das sich von den Geschehnissen der materiell-physikalischen Welt *wesensmäßig* unterscheidet („ontologischer Dualismus“); danach entzieht sich Bewusstsein grundsätzlich der Erklärung durch die empirischen Wissenschaften. Für andere werden Bewusstseinszustände unmittelbar von bestimmten Hirnprozessen hervorgebracht und lassen sich auf diese vollständig reduzieren („neurobiologischer Reduktionismus“). Für wieder andere entspringt Bewusstsein zwar den Hirnfunktionen, ist jedoch nicht oder nicht vollständig auf sie zurückführbar („Emergentismus“). Insbesondere das private Erleben von Bewusstsein („phänomenales Bewusstsein“) wird als unüberwindliches Hindernis für eine naturwissenschaftliche Erklärung angesehen. Man spricht hier von einer „fundamentalen Erklärungslücke“.

Resultate der empirischen Bewusstseinsforschung. Bewusstsein tritt beim Menschen in einer Vielzahl von Zuständen auf: a) als Sinneswahrnehmungen von Vorgängen in der Umwelt und im eigenen Körper; b) als mentale Zustände wie Denken, Vorstellen und Erinnern; c) als Selbst-Reflexion; d) als Emotionen, Affekte, Bedürfniszustände; e) als Erleben der eigenen Identität und Kontinuität; f) als „Meinigkeit“ des eigenen Körpers; g) als Autorschaft und Kontrolle der eigenen Gedanken und Handlungen; h) als Verortung des Selbst und des Körpers in Raum und Zeit; i) als Realität des Erlebten, als Unterscheidung von Realität und Vorstellung. Die unter e) bis i) genannten Zustände bilden zusammen ein „Hintergrund-Bewusstsein“, vor dem die unter a) bis d) genannten spezielleren Bewusstseinszustände mit wechselnden Inhalten, Intensitäten und Kombinationen auftreten.

Alle einschlägigen Untersuchungen zeigen, dass bestimmte Bewusstseinszustände, von einfachen Wahrnehmungen bis hin zu Zuständen des Wissens oder Glaubens, und bestimmte Hirnvorgänge *untrennbar* miteinander verbunden sind. Ebenso lässt sich mit Hilfe der Kombination der Elektroenzephalographie (EEG) oder der Magnetenzephalographie (MEG) mit funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRI) nachweisen, dass allen Bewusstseinszuständen unbewusste Prozesse zeitlich (200 Millisekunden oder länger) in systematischer Weise vorhergehen. Man kann entsprechend in vielen Fällen nicht nur verlässlich von bestimmten Hirndefiziten

auf bestimmte Bewusstseinsstörungen schließen und umgekehrt, sondern auch bei Variation der Reizdarbietung und der Beeinflussung spezifischer neuronaler Mechanismen das Auftreten von bestimmten Bewusstseinszuständen gut vorhersagen.

Die verschiedenen Inhalte von Bewusstsein können nach Schädigungen bestimmter Gehirnteile, insbesondere der Großhirnrinde, mehr oder weniger *unabhängig voneinander* ausfallen. So gibt es Patienten, die völlig normale geistige Leistungen vollbringen, jedoch glauben, dass der sie umgebende Körper nicht der ihre ist bzw. bestimmte Körperteile nicht zu ihnen gehören. Andere wiederum besitzen bei sonst intakten Bewusstseinsfunktionen keine autobiographische Identität mehr. Dies deutet auf eine *modulare*, d. h. funktional getrennte Organisation der Bewusstseinsinhalte hin.

Bewusstseinsrelevante Hirnstrukturen. Dieser Modularität entspricht, dass am Entstehen von Bewusstsein stets viele, über das ganze Gehirn verteilte Zentren mitwirken; es gibt kein „oberstes" Bewusstseinszentrum. Allerdings können Geschehnisse nur dann bewusst werden, wenn sie von Aktivitäten der *assoziativen Großhirnrinde* (Kortex) begleitet sind, und zwar im hinteren und unteren Scheitellappen (parietaler Kortex), im mittleren und unteren Schläfenlappen (temporaler Kortex) und im Stirnlappen (präfrontaler Kortex). Alles, was *nicht* in der assoziativen Großhirnrinde abläuft, ist uns nach gegenwärtigem Wissen grundsätzlich nicht bewusst.

Bewusstsein ist aus neurobiologisch-psychologischer Sicht ein besonderer Zustand der Informationsverarbeitung, der dann eintritt, wenn das Gehirn neue, wichtige und meist detailreiche Informationen verarbeiten muss. Während der Bewusstseinszustände finden entsprechend Umstrukturierungen vorhandener kortikaler neuronaler Netzwerke aufgrund von Sinnesreizen und Gedächtnisinhalten statt, und zwar durch eine schnelle Veränderung der Kopplungen (*Synapsen*) zwischen Neuronen. Hierbei spielen die so genannten Neuromodulatoren Serotonin, Dopamin, Noradrenalin und Acetylcholin eine wichtige Rolle, die über das so genannte limbische System Emotionen, Motivation und Bedeutungen vermitteln. Derartige schnelle Umverknüpfungsprozesse sind stoffwechselintensiv und führen im Kortex zu einem überdurchschnittlichen Verbrauch an Zucker und Sauerstoff, was wiederum den lokalen kortikalen Blutfluss erhöht. Dies macht man sich bei bildgebenden Verfahren wie fMRI zunutze.

Eine wichtige Rolle beim Bewusstwerden von Wahrnehmungsinhalten scheint die simultane oder sequenzielle Aktivierung kortikaler Areale zu sein, und zwar durch eine Kombination aufsteigender und absteigender, d. h. rückkoppelnder Verbindungen zwischen primären und assoziativen Kortexarealen. Entsprechend bleiben sensorische Erregungen unbewusst, wenn sie ausschließlich aufsteigende Verbindungen aktivieren und nicht zu Rückwirkungen assoziativer Areale auf primäre Areale führen. Die Interpretation dieser Befunde lautet: Sinnesreize werden zuerst unbewusst im primären sensorische Kortex nach ihren Details „vorsortiert". Diese Informationen werden zu assoziativen Arealen weitergeleitet und dort unter Zuhilfenahme von Gedächtnisinhalten *interpretiert*. Diese Interpretation wird zum primären sensorischen Kortex zurückgeleitet, und hierdurch werden die Wahrnehmungsdetails sinnvoll gruppiert.

Zusammengefasst lässt sich heute experimentell nachweisen, mit welchen neuronalen Strukturen und Prozessen das Entstehen von Bewusstsein und auch die Inhalte dieser Zustände verbunden sind, seien sie perzeptiver, kognitiver oder emotional-psychischer Art. Am eindrucksvollsten ist dies zweifellos bei optischen Täuschungen, wo man zeigen kann, dass bestimmte Neurone des visuellen Kortex diesen Täuschungen genauso „unterliegen" wie die subjektive Wahrnehmung, während dies für Neurone außerhalb des Kortex nicht zutrifft – sie reagieren „noch" auf die physikalischen Eigenschaften der Reize. Dies bedeutet, dass bestimmte neuronale Ereignisse einerseits und Erlebniszustände andererseits „zwei Seiten einer Medaille" sind, die unterschiedlich wahrgenommen werden, nämlich einmal aus Sicht des Experimentators und zum anderen aus der Perspektive des Selbsterlebens. Auch das Selbsterleben ist eine Eigenschaft kortikaler neuronaler Netzwerke, aber als solche ist sie von der Außenperspektive verschieden und lässt sich deshalb auch nicht auf sie reduzieren.

Das bewusste Ich

Wer oder was ist das Ich? Auch dies hat seit Jahrtausenden die klügsten Menschen beschäftigt. Ich kann Namen, Beruf, Adresse und Familienverhältnisse angeben, und dies beschreibt meine *äußere* Identität. Die *innere* Identität wird mir durch die eigentümliche Gewissheit „ich bin ich!“ vermittelt. Dazu gehört die Aussage: „Dies ist mein Körper, dies sind meine Gedanken, Vorstellungen und Absichten.“ Das Ich scheint also *Träger* dieser Inhalte zu sein. Aber jeder Versuch, durch *Introspektion* herauszubekommen, wer oder was dieses Ich darüber hinaus ist, verläuft im Sande. Dies hat den Philosophen David Hume (1711–1776) zu der Ansicht gebracht, dass das Ich nur ein *Bündel* besonderer Bewusstseinszustände ist, die nacheinander erlebt und in diesem Erleben integriert werden.

Das Gehirn und seine Ich-Zustände. Die Sicht Humes scheint sich zu bestätigen, wenn man psychologisch oder neurowissenschaftlich die Ich-Zustände untersucht: Wir sind offenbar ein Bündel von unterschiedlichen Ich-Zuständen, die mit unterschiedlichen Regionen der Großhirnrinde in Verbindung gebracht werden können. Als erstes ist das *Körper-Ich* zu nennen, d. h. das Gefühl, dass dasjenige, in dem ich „stecke“ und das ich zu beherrschen scheine, *mein* Körper ist. Eng damit verbunden sind das *Verortungs-Ich*, d. h. das Bewusstsein, dass ich mich gerade an *diesem* Ort und nicht woanders befinde, sowie das *perspektivische Ich*, d. h. der Eindruck, dass ich der Mittelpunkt der von mir erfahrbaren Welt bin. Alle diese Ich-Empfindungen haben mit Funktionen des Scheitellappens zu tun. Hier entstehen während der Entwicklung des Gehirns das Körperschema und die Raum- und Handlungswelt, in die der Körper „hineingestellt“ wird, und schließlich gesellt sich zum Körper das Ich, das dadurch zugleich zum Mittelpunkt der Raum- und Handlungswelt wird.

Ein anderer Typ ist das *Erlebnis-Ich*, d. h. das Gefühl, *ich* habe diese Wahrnehmungen, Ideen, Gefühle und nicht etwa ein anderer. Damit verwandt sind das *Autorschafts-* und *Kontroll-Ich*, d. h. das Gefühl, dass ich Verursacher und Kontrolleur meiner Gedanken und Handlungen bin, und das *autobiographische Ich*, d. h. das Gefühl der *Kontinuität* in meinen verschiedenen Empfindungen. Das Erlebnis-Ich ist vornehmlich eine Funktion des Schläfenlappens und des Übergangs zum Scheitellappen, wo Sehen, Hören und Fühlen zusammenkommen. Das Autorschafts-Ich ist gebunden an die Tätigkeit motorischer Kortexareale in Zusammenarbeit mit Scheitellappen und präfrontalem Kortex. Das autobiographische Ich hat mit einer Region am vorderen Rand des Schläfenlappens und im Bereich des unteren Stirnhirns (orbitofrontaler Kortex) zu tun. Schließlich gibt es das *selbstreflexive Ich*, d. h. das Nachdenken über sich selbst, das *sprachliche Selbst* und das *ethische Ich* oder *Gewissen*, also eine Instanz, die mir sagt oder befiehlt, was ich zu tun und zu lassen habe. Das erstere hat mit Funktionen des präfrontalen Kortex zu tun, das sprachliche Ich mit dem Wernicke- und dem Broca-Sprachzentrum. Das ethische Ich schließlich ist vornehmlich eine Funktion des orbitofrontalen Kortex; Patienten mit Schädigungen in diesem Bereich verhalten sich typisch „unmoralisch“ bzw. „unethisch“.

Welche Funktionen hat das Ich? Traditionell wird das Ich als oberste Kontrollinstanz von Denken, Planen und Handeln angesehen. Allerdings gab es daran schon immer Zweifel, denn häufig erfahren wir, dass unsere Wünsche und Handlungen in andere Richtungen gehen als beabsichtigt und dass uns Gefühle überwältigen. Das würde die von einigen zeitgenössischen Philosophen vertretene Meinung unterstützen, dass das Ich eine wirkungslose Instanz ist, eine bloße *Illusion*. Dagegen spricht aber die Tatsache, dass Patienten mit schweren Ich-Störungen zugleich massive Verhaltensstörungen aufweisen.

Welche Funktion könnte das Ich tatsächlich haben? Eine erste Funktion erfüllt es als *Zuschreibungs-Ich*: Das Gehirn entwickelt eine von Bewusstsein begleitete Instanz, über die es zu einer *Erlebniseinheit* wird, und damit kommt es zur Ausbildung von *Identität*. Offenbar ist es von großem Vorteil, in die vom Gehirn konstruierte Erlebniswelt eine Instanz hineinzusetzen, die von sich meint, die unterschiedlichen Wahrnehmungen, Gedanken, Vorstellungen, Erinnerungen und Gefühle seien *ihre* Zustände. Dies dürfte die wichtige Unterscheidung der eigenen mentalen Zustände von denen anderer und damit die Unterstellung einer Erlebniswelt bei an-

deren Menschen (*Theory of Mind*) überhaupt erst ermöglichen.

Die zweite Funktion besteht im *Handlungs-* und *Willens-Ich*. Hier geht es um die Schaffung einer Instanz, die es ermöglicht, den Willen auf eine Handlungsabsicht zu „fokussieren", ohne sich um Ausführungsdetails zu kümmern. Eine bewusste Repräsentation der vielen Untersysteme, die an der Kontrolle und dem letztendlichen Auslösen einer Handlung beteiligt sind, würde eine effektive Handlungssteuerung unmöglich machen. Eine dritte Funktion besteht im *Interpretations-* und *Legitimations-Ich*. Das bewusste, sprachliche Ich hat die Aufgabe, die eigenen Handlungen vor sich selbst und vor der sozialen Umwelt zu einer plausiblen Einheit zusammenzufügen und zu rechtfertigen, und zwar unabhängig davon, ob die gelieferten Erklärungen auch den Tatsachen entsprechen.

Willensfreiheit – gibt es so etwas?

Das bewusste Ich ist als Erlebniszustand also keineswegs eine Illusion. Das Illusionäre an ihm besteht vielmehr in der Vorstellung, es sei „Herr im Hause". Dies stellt die traditionelle Sicht von „Willensfreiheit" in Frage, nach der das Ich bei so genannten willentlichen Entscheidungen das letzte Wort hat. Natürlich bestreitet kein Vertreter dieser Sicht, dass es bei Entscheidungen *Motive* gibt, die uns in eine bestimmte Richtung drängen, aber wir haben die Möglichkeit, aus geistiger Kraft heraus solche Antriebe zu überstimmen und unserem Handeln eine andere Richtung zu geben. Dieses Konzept liegt auch dem deutschen und kontinentaleuropäischen Strafrecht und seinem Schuldbegriff zugrunde. Sofern der Täter wusste, was er tat, und in der Lage war, seine Handlungen zu steuern, hatte er die Möglichkeit, aufgrund dieses freien Willens der Versuchung zur Tat zu widerstehen. Dass er dies nicht getan hat, begründet seine strafrechtliche Schuld.

Aus neurobiologisch-psychologischer ebenso wie aus philosophischer Sicht hat dieser Begriff von Willensfreiheit erhebliche und in der Strafrechtstheorie seit langem bekannte Schwächen. Erstens unterstellt er, dass Willensfreiheit zwar kausal das Handeln steuert, seinerseits aber nicht kausal determiniert wird, sondern „frei" ist. Es ist bisher keinem Vertreter dieser Sicht gelungen, plausibel zu machen, wie so etwas funktionieren soll. Entsprechend wird „Willensfreiheit" als *metaphysische Entität* angesehen, die sich der Sicht der Naturwissenschaften entzieht. Zweitens kann man leicht nachweisen, dass eine Person, die der Neigung bzw. Versuchung zu einer bestimmten rechtswidrigen Tat widersteht, dies nur dann tun kann, wenn ein noch stärkeres Motiv sein Handeln bestimmt, z. B. die Angst vor dem Entdecktwerden.

Neurobiologie und Handlungspsychologie gehen von einem *Motiv-Determinismus* aus: Unser Handeln wird davon bestimmt, welches unter den gerade herrschenden Motiven sich durchsetzt. Diese Motive mögen „angeboren" sein, aus frühkindlichen oder sonstigen Erfahrungen oder aus der gerade vorliegenden Bedürfnislage resultieren. Sie können unbewusst, als Gefühle oder als rationale Erwägungen auftreten. Sie werden in ganz unterschiedlichen Bereichen unseres Gehirns, im überwiegend unbewusst arbeitenden limbischen System bzw. in der bewusstseinsfähigen Großhirnrinde verarbeitet und dann im Handlungssteuerungssystem zusammengebracht, das seinerseits bewusste und unbewusste Anteile hat. In den so genannten Basalganglien wird unmittelbar vor einer Handlung auf unbewusste Art der „Schlussstrich" gezogen, den wir gegebenenfalls, aber nicht immer, als *Willensruck* erleben.

Es ist also nicht notwendig so, dass das Gehirn „schon längst entschieden hat", ehe das bewusste Ich davon erfährt. Dies ist nur bei automatisierten oder hoch emotionalen Entscheidungen der Fall, und hier erleben wir zuweilen drastisch, dass irgendetwas „in uns" ist, das entscheidet und wogegen wir machtlos sind. Bei komplexen Entscheidungen hingegen kommt dem bewussten Ich eine bedeutende Rolle zu, nämlich als „Bühne" des Abwägens von Handlungsalternativen und ihrer jeweiligen Konsequenzen. Ob und in welcher Weise wir diesen bewussten Abwägungen folgen, hängt wiederum von der Motivlage ab, und manchmal rät der Verstand, etwas zu tun – allein, wir tun dann doch etwas anderes und wundern uns. Der Motiv-Determinismus unseres Willens ist letztlich darin begründet, dass wir unseren Willen nicht selbst wollen können, er formt sich ohne unser Zutun.

Woher kommt dann aber das Gefühl, aus freiem Willen heraus zu handeln? Das unab-

weisbare Gefühl der „freien Willensentscheidung“ haben wir, wenn wir keinem äußeren oder inneren Zwang unterliegen und die realistische Möglichkeit haben, eine bestimmte Sache tun oder auch lassen zu können. Ich möchte jetzt Kaffee trinken, eine Tasse Kaffee steht vor mir, und in einem bestimmten Moment greife ich nach der Tasse. Ich könnte die Bewegung früher oder später ausführen oder sie auch ganz sein lassen. Ich tue genau davon eines, und ich bin dabei frei in dem Sinne, dass es *nur von mir* und von niemandem sonst abhängt, was ich tue. Selbstverständlich werde ich dabei immer auch von unbewussten Motiven bestimmt, aber es sind Motive, die aus *meiner* Lebenserfahrung stammen, und solche, die durch Gegenmotive „überstimmt“ werden können. Willensfreiheit in diesem Sinne drückt sich meist darin aus, dass wir eine bestimmte Sache „gern“ tun – wir stehen dahinter, hätten aber auch anders handeln können, wenn wir nur anders gewollt hätten. Wir haben aber nicht anders gewollt, und so haben wir das eine getan und nicht etwas anderes.

Wir sehen also, dass Determiniertheit durch Motive und Willensfreiheit keine Gegensätze sind, sondern das eine sich aus dem anderen ergibt. Ein „unbedingter“ Wille ist nutzlos, und sein Wirken wäre von Zufall nicht zu unterscheiden.

Anlage, Gehirn und Umwelt

Ein drittes Herzstück unseres herkömmlichen Menschenbildes ist die Frage, ob menschliches Handeln hauptsächlich von „angeborenen Faktoren“ (Genen) bestimmt ist oder von Lernen, Erziehung und damit von Umwelteinflüssen. Lange Zeit haben sich unterschiedliche Sichtweisen abgewechselt. Seit den 1970er Jahren herrscht bei uns unter dem Einfluss der behavioristischen Psychologie ein Erziehungsoptimismus vor, der nur langsam schwindet. Eine Anlage-Umwelt-Dichotomie erweist sich aber als falsch; vielmehr arbeiten Gene und Umwelt in einer komplizierten Weise zusammen, und der Ort dieses Zusammenwirkens ist das Gehirn.

Dies ergibt sich unter anderem aus der Erkenntnis, dass es nicht einzelne Gene sind, die ein bestimmtes Verhalten oder eine bestimmte Persönlichkeitseigenschaft bestimmen, sondern dass viele Gene beteiligt sind, und dies meist indirekt, über komplexe Hirnentwicklungsprozesse, die je nach Umwelteinflüssen in unterschiedlicher Weise verhaltensrelevant werden können. Dabei sind genetische Varianten, *Gen-Polymorphismen*, besonders interessant. Diese zeigen für sich genommen bei ihren Trägern keine auffallende Wirkung, sondern *nur in Kombination* mit nichtgenetischen Faktoren. Ebenso hat sich der seit langem hartnäckig behauptete wie bestrittene Einfluss frühkindlicher Erfahrung bestätigt, besonders in Form psychischer Traumatisierung infolge Misshandlung, Vernachlässigung und sexuellen Missbrauchs. Dieser Einfluss lässt sich auch neurobiologisch anhand von Defiziten im Stressverarbeitungssystem nachweisen.

Aus heutiger Sicht sind es vier Faktoren, die unsere Persönlichkeit und unser Handeln bestimmen, nämlich 1) genetische Prädispositionen, 2) Eigenheiten der Hirnentwicklung, 3) frühe psychische Prägungen, insbesondere im Rahmen der Bindungserfahrung, und 4) weitere psychosoziale Erfahrungen in Kindheit und Jugend. Zwischen diesen Hauptfaktoren besteht eine sich verstärkende oder schwächende Interaktion, wie insbesondere Studien zur Genese gewalttätigen Verhaltens und psychischer Erkrankungen zeigen. In solchen Studien findet man an Hauptfaktoren neben dem Geschlecht (meist männlich) und dem Alter (meist Jugendliche und junge Erwachsene zwischen 15 und 25) bestimmte genetische Prädispositionen, vorgeburtliche, geburtliche oder nachgeburtliche Hirnschädigungen und einen niedrigen Serotoninspiegel. An psychologischen und sozialpsychologischen Hauptfaktoren findet man traumatisierende psychische Belastungen in der Kindheit und Erfahrung von Gewaltausübung in der eigenen Familie und im engeren Lebensbereich.

Bei den genetischen Faktoren handelt es sich nicht etwa um „Verbrechergene“, sondern um die bereits erwähnten Gen-Polymorphismen. Im Zusammenhang mit erhöhter Neigung zu Gewalt betreffen diese fast immer den Auf- und Abbau des Neurotransmitters Serotonin. Der Neurotransmitter bzw. -modulator Serotonin wirkt beruhigend und besänftigend; er liefert der Psyche die Botschaft: „Nichts und niemand bedroht dich!“ Entsprechend führt ein abnorm *niedriger* Serotoninspiegel bei vielen Personen zu

einem ständigen Gefühl großer innerer Unruhe und des Bedrohtseins. Dies äußert sich bei Mädchen und Frauen häufig in einer starken Tendenz zur Selbstverletzung, bei Jungen und Männern hingegen häufig in gewalttätigem Verhalten, das als „reaktiv" bezeichnet wird, da es aus einem Gefühl des Bedrohtseins resultiert.

Wichtig ist, dass ein genetisch bedingter, niedriger Serotoninspiegel durch starke negative Umwelteinflüsse weiter gesenkt werden kann. Diese wirken nicht automatisch traumatisierend, sondern hauptsächlich bei Personen, die bestimmte Serotonin-Polymorphismen aufweisen. Eine große Längsschnittstudie von Forschern aus Neuseeland zeigte, dass bei Kindern, die *ohne* größere psychische Belastungen aufgewachsen waren, aber Serotonin-Polymorphismen aufwiesen, die Neigung zu Gewalt nur gering erhöht war, und dasselbe war der Fall bei Kindern ohne Serotonin-Polymorphismen, die psychische Traumatisierungen erlebt hatten. Wenn aber beides zusammenkam, war die Gewaltbereitschaft um mehr als das Doppelte erhöht.

Diese Befunde wurden inzwischen vielfach bestätigt und zeigen, dass im Hinblick auf Gewaltbereitschaft, aber auch bei psychischen Erkrankungen wie Angststörungen, Depression oder Schizophrenie in aller Regel weder die Gene noch die Umwelt die Hauptursache sind, sondern das Zusammentreffen beider Typen von Faktoren. Man stellt sich heute vor, dass die das Serotonin-System betreffenden Gen-Polymorphismen eine erhöhte Verletzbarkeit („Vulnerabilität") für schwere psychische Belastungen darstellen. Treten solche Belastungen vor der Geburt und in der Kindheit *nicht* auf, dann kann die weitere psychische Entwicklung normal oder mit nur geringen Störungen verlaufen. Ist umgekehrt eine solche Vulnerabilität *nicht* vorhanden, dann kann ein Mensch eine Fülle psychischer Belastungen aushalten, ohne psychisch krank oder gewaltkriminell zu werden. Verhängnisvoll wird es, wenn eine erhöhte genetisch bedingte Verletzbarkeit auf starken psychischen Stress in früher Kindheit trifft. Umgekehrt ließ sich in Aufsehen erregenden Tierexperimenten zeigen, dass mütterliches Fürsorgeverhalten in den Neugeborenen über das Freisetzen bestimmter Gehirnstoffe diejenigen Genprozesse aktiviert, welche die Wirksamkeit des Stressverarbeitungssystems erhöhen.

Zugleich zeigt sich, dass Persönlichkeit und Psyche eines Menschen im Kindes- und frühen Jugendalter weitgehend festgelegt und in späterem Lebensalter zunehmend resistent gegen weitere Veränderungen werden. Dies bedeutet: Veränderungen sind möglich, aber sie sind immer schwerer zu erreichen. Diese Erkenntnis hat große Auswirkungen auf unsere bisherigen Vorstellungen von Erziehung, Personalführung und Psychotherapie, die aber hier nicht weiter dargestellt werden können.

Fazit

Anhand dreier Beispiele habe ich zu zeigen versucht, dass Erkenntnisse der Hirnforschung eine große Bedeutung für das derzeit dominierende Menschenbild haben, welches gekennzeichnet ist durch einen expliziten oder zumindest impliziten Geist-Gehirn-Dualismus, durch die Annahme eines rationalen Ichs als Steuermann und eines jenseits der Naturkausalität „frei" wirkenden Willens und schließlich durch den Glauben an die große Macht der Erziehung und die lebenslange gleichmäßige Veränderbarkeit des Menschen.

Dem stehen folgende Erkenntnisse gegenüber: 1) Geist und Bewusstsein sind untrennbar mit Hirnprozessen verbunden, bilden mit ihnen eine Einheit und überschreiten nicht die Grenzen des Naturgeschehens. 2) Menschliches Wollen und Handeln unterliegen einem Motiv-Determinismus, der seine Wurzeln in der Persönlichkeitsentwicklung einer Person hat, die wiederum von Genen, Gehirnentwicklung, frühen psychischen Prägungen und späteren psychosozialen Erfahrungen bestimmt wird. Die Auffassung eines indeterminierten „freien" Willens dagegen ist in sich widersprüchlich und empirisch unhaltbar. 3) Gene und Umwelt interagieren auf komplexe Weise miteinander, und zwar vermittelt über Hirnprozesse, die Psyche und Verhalten kontrollieren: Gene bestimmen, welche Umwelteinflüsse wirksam werden, und umgekehrt können psychische und psychosoziale Umwelteinflüsse die Wirksamkeit („Expression") von Genen beeinflussen. Insofern ist jeder Gen-Umwelt-Dualismus obsolet.

Allerdings: So beeindruckend diese Erkenntnisse sind, sie gehen nicht über das hinaus, was Philosophen und Wissenschaftler seit der Antike in Opposition zum dominie-

renden Menschenbild gedacht und geschrieben haben. Schon immer sind große Denker von der Einheit von Geist und Gehirn bzw. Körper ausgegangen, haben die Macht des bewussten Ichs und die Existenz einer metaphysischen Willensfreiheit bezweifelt; ebenso haben viele erkannt, dass die Persönlichkeit eines Menschen eine komplizierte Mischung aus Anlage, Entwicklung und Erziehung ist und es mit zunehmendem Alter immer schwerer wird, Menschen zu ändern. Die Bedeutung der hier vorgestellten neuen Erkenntnisse der Hirnforschung liegt also nicht in deren Originalität, sondern in der empirischen Unterstützung bestimmter – meist alternativer – Ansichten vom Menschen. Schließlich zeigt sich, dass die neuen Erkenntnisse keineswegs von Neurobiologen allein gewonnen wurden, sondern in enger Zusammenarbeit mit Psychologen, Psychiatern, Genetikern, Anthropologen und Soziologen. Dies macht den Vorwurf eines neurobiologischen Reduktionismus überflüssig.

Wie ein neues Menschenbild aussehen wird, weiß niemand, denn zum einen können sich die hier vorgestellten Erkenntnisse zumindest teilweise verändern, und zum anderen wird das Bild des Menschen von sich nicht überwiegend von wissenschaftlichen Erkenntnissen bestimmt.[1]

[1] Diesem Beitrag liegt folgende Literatur zu Grunde: Jens B. Asendorpf, Psychologie der Persönlichkeit, Berlin–Heidelberg–New York 2004³; Antonio R. Damasio, Descartes' Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn, München 1994; Lise Eliot, Was geht da drinnen vor? Die Gehirnentwicklung in den ersten fünf Lebensjahren, Berlin 2001; Hans Förstl/Martin Hautzinger/Gerhard Roth (Hrsg.), Neurobiologie psychischer Störungen, Heidelberg u. a. 2006; John-Dylan Haynes/Geraint Rees, Decoding mental states from brain activity in humans, in: Nature Review Neuroscience, (2006) 7, S. 523–534; Eric R. Kandel/James H. Schwartz/Thomas M. Jessell, Neurowissenschaften, Heidelberg 1996; Brian Kolb/Ian Q. Wishaw, Neuropsychologie, Heidelberg 1993; Michael Pauen, Das Rätsel des Bewusstseins. Eine Erklärungsstrategie, Paderborn 1999; ders./Gerhard Roth, Freiheit, Schuld und Verantwortung. Grundzüge einer naturalistischen Theorie der Willensfreiheit, Frankfurt/M. 2008; Gerhard Roth, Fühlen, Denken, Handeln. Wie das Gehirn unser Verhalten steuert, Frankfurt/M. 2001/2003; ders., Persönlichkeit, Entscheidung und Verhalten, Stuttgart 2007; Henrik Walter, Neurophilosophie der Willensfreiheit, Paderborn 1998.

Michael Hagner

Eine sehr kurze Geschichte der modernen Hirnforschung

Das moderne Verständnis der Funktionen des Gehirns basiert in seinen Grundzügen auf wenigen Axiomen, von denen sich zwei als besonders dauerhaft herausgestellt haben: die Lokalisationslehre und die Neuronenlehre. Erstere geht davon aus, dass es verschiedene, voneinander abgrenzbare funktionelle Zentren im Gehirn gibt, und zwar sowohl für physische Funktionen (z. B. Regulation der Atmung oder Koordination der Motorik) als auch für psychische Qualitäten (z. B. Sprache oder Emotionen); letztere nimmt an, dass eine einzelne Nervenzelle eine strukturelle und funktionelle Einheit bildet und das Hirnleben durch Kommunikation zahlreicher Neuronen bedingt wird.

Michael Hagner
Dr. med., geb. 1960; Professor für Wissenschaftsforschung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, Rämistraße 36, 8092 Zürich/Schweiz.
hagner@wiss.gess.ethz.ch

Die Anfänge der modernen Lokalisationslehre reichen ungefähr zweihundert Jahre zurück. Ihre Geschichte ist von mehreren Kontroversen geprägt, in denen die Möglichkeit erwogen wurde, komplexe Hirnfunktionen als einheitliches und ganzheitliches Zusammenwirken des Gehirns aufzufassen. Die Neuronenlehre ist im späten 19. Jahrhundert entstanden und war zunächst heftig umstritten, doch lange bevor die Individualität der Neuronen Mitte des 20. Jahrhunderts elektronenmikroskopisch nachgewiesen werden konnte, bildete diese Lehre das morphologische Grundgerüst der Hirnforschung.

Lokalisationslehre

Während es vor dem 19. Jahrhundert keine paradigmatisch wirksame Vorstellung von Nervenzellen gegeben hat, war die Lokalisationslehre bereits in der Antike im Sinne einer Suche nach dem Sitz der Seele verbreitet. Hippokrates beispielsweise sah im Gehirn das Organ des Denkens, der Wahrnehmung und der Beurteilung von Gut und Böse, Platon lokalisierte den rationalen, unsterblichen Teil der Seele im Gehirn. Dagegen hielt Aristoteles das Herz für das *sensorium commune*, also den Ort, an dem alle Empfindungsmodi zu einer einheitlichen Wahrnehmung zusammengeführt und alle Bewegungen ausgelöst werden. Während Herz und Gehirn bis in die Renaissance hinein als Seelensitz konkurrierten, entwickelte sich unabhängig davon im Mittelalter die so genannte Ventrikellehre der geistigen Vermögen, bei der Wahrnehmung, Erkenntnis und Gedächtnis in den drei Hirnventrikeln lokalisiert wurden. Diese Lehre wurde für mehr als tausend Jahre ohne besondere Modifikationen beibehalten.

Ein Bruch in der Lokalisationstheorie vollzog sich mit René Descartes und seinem Leib-Seele-Dualismus, indem er den hauptsächlichen Interaktionsort zwischen Körper und Seele, das so genannte Seelenorgan, in die Zirbeldrüse verlegte. Diese Zuordnung wurde bereits von Descartes' Zeitgenossen abgelehnt, doch das Konzept des Seelenorgans als Verbindungsglied zwischen materieller und immaterieller Substanz bzw. als Sitz der Seele blieb über einhundertfünfzig Jahre lang unangetastet. Der Dualismus ermöglichte einerseits eine wissenschaftliche Erforschung des Körpers, andererseits stellte er die göttliche Herkunft der menschlichen Seele nicht in Frage. Diese Arbeitsteilung wurde mit der allmählichen Säkularisierung im Zeitalter der Aufklärung sowie der breiten Forderung nach einer empirischen Erforschung des menschlichen Geisteslebens zunehmend fragwürdig.

Die moderne Lokalisationstheorie begann um 1800 mit Franz Joseph Galls These, nach der verschiedene geistige Qualitäten Sitz und Ursache in voneinander abgrenzbaren Regionen des Gehirns, hauptsächlich der Hirnrinde, hätten. Es ging Gall darum, in Anlehnung an die bürgerlichen Verhaltenslehren und Konventionen der Spätaufklärung den verschiedenen menschlichen Eigenschaften, Neigungen und Talenten unterschiedliche und unabhängige Organe im Gehirn zuzuweisen. Besondere musikalische oder sprachliche Fähigkeiten beruhten demnach auf einem besonders gut entwickelten Hirnorgan. Diese Vorstellung von *big is beautiful* ist im Prinzip auch heute noch Bestandteil der Hirnforschung. Gall war ein vorzüglicher Hirnanatom – er erkannte als erster systematisch die Bedeutung der Hirnrinde für die höheren Hirnfunktionen und wies nach, dass das Gehirn entwicklungsgeschichtlich aus dem Rückenmark entsteht. Sein folgenreichster – und problematischster – Beitrag war das psychologisch motivierte Anliegen, den Menschen nicht mehr als metaphysisches, mit einem Seelenorgan ausgestattetes Wesen anzusehen, sondern in seinen alltäglichen Verhaltensweisen zu verstehen. Für die Annahme einer unteilbaren und freien Seele blieb in diesem System kein Platz mehr; vielmehr ging es darum, die moralische und intellektuelle Natur des Menschen vollständig auf der Basis der Gehirnfunktion zu erklären.

Galls Popularität lag in dem Teilstück seiner Lehre begründet, das die Ausprägung bzw. Wölbung der Schädelform zur Entwicklung der Hirnoberfläche in Beziehung setzte. Dadurch wurde die berüchtigte Korrelierung zwischen Schädelform und geistigen Eigenschaften ermöglicht. Dennoch waren die Implikationen von Galls Lehre zu ernst, um auf der Ebene sensationsheischender Scharlatanerie zu verharren. So entzündete sich auch innerhalb der Naturforschung Kritik an Galls Materialismus und Determinismus. Insbesondere warf man ihm vor, mit der Lokalisierung von Nächstenliebe, Mordsinn, Sprach- oder Tonsinn den freien Willen und damit die Autonomie des Individuums in Frage zu stellen. Diese Kontroverse hat die Hirnforschung bis auf den heutigen Tag begleitet, sei es im Streit um die Willensfreiheit, sei es, ob man einen Kriminellen oder ein Genie an seinem Gehirn erkennen könne. Die erbittertsten Gegner Galls kamen aus den Reihen der Physiologen, obwohl gerade sie bereits gezeigt hatten, dass die Nervenbahnen für motorische und sensorische Funktionen im Rückenmark getrennt verliefen (das sog. Bell-Magendie-Gesetz). Tierexperimente an der Hirnrinde deuteten sie jedoch fälschlicherweise so, dass sämtliche Funktionen nach und nach schwächer wurden, je mehr Hirnsubstanz entfernt wurde. Vor allem der französische Physiologe Pierre

Flourens setzte die einheitliche und ganzheitliche Funktion des Gehirns gegen den Lokalisationsgedanken und glaubte damit, der Freiheit und Unsterblichkeit des Menschen einen großen Dienst erwiesen zu haben.

Die Wiederbelebung und Neuformulierung des Lokalisationsgedankens geschah erst nach 1860 mit der Erforschung der zerebral bedingten Sprachstörungen (Aphasie). 1861 demonstrierte Paul Broca in Paris den Fall eines Patienten, bei dem eine Schädigung in der 3. Frontalwindung der linken Hirnhälfte zur Unfähigkeit führte, Wörter auszusprechen, während das Sprachverständnis erhalten blieb. Als Carl Wernicke 1874 das Gegenstück zu Brocas *motorischer Aphasie* diagnostizierte und Sprachverständnisstörungen bei erhaltener Sprachmotorik (*sensorische Aphasie*) auf eine Läsion der 1. linken Temporalwindung zurückführte, schälte sich eine „Psychophysik der Sprache" (Karl Kleist) auf anatomischer Grundlage heraus, welche die Sprache analog zur Reflexlehre als einen „psychischen Reflexbogen" konstruierte, an dem mehrere Hirnregionen beteiligt waren. Während die Reflexphysiologen seit den 1830er Jahren darüber debattierten, ob Reflexe auf niedere Instinkte und Automatismen beschränkt seien (so Marshall Hall) oder ob sie als Modell für höhere Hirnfunktionen dienen könnten (so Johannes Müller), wurde diese Frage in der Aphasieforschung kurzerhand beantwortet. Das Gehirn wurde damit als eine Art Reiz-Reaktions-Maschine etabliert.

Unmittelbar im Gefolge der ersten klinischen Lokalisationsversuche begannen Hirnanatomen, nach strukturellen Unterschieden im Gehirn zu suchen. Epoche machend waren die 1865 begonnenen Untersuchungen des Wiener Psychiaters Theodor Meynert, der die kortikalen Fasern in Projektionsfasern (Verbindung von tiefer gelegenen Hirnteilen mit dem Kortex, der Hirnrinde) und Assoziationsfasern (Verbindung der Hirnrindenareale untereinander) einteilte. Erstere dienen dem Transport der sinnlichen Eindrücke, letztere der Verknüpfung von Wahrnehmungen und Vorstellungen. Denken, Bewusstsein oder Intelligenz waren für Meynert Funktionen der Assoziationsfaserung, wobei die häufige und intensive Wiederholung einer Assoziation zur Verfestigung entsprechender Bahnen führt, die nach und nach eine gewisse Kontinuität der Persönlichkeit mit sich bringt. Diese später als „Hirnmythologie" (Karl Jaspers) kritisierte Verknüpfung der Persönlichkeitsentwicklung mit der Hirnentwicklung war enorm einflussreich. Sowohl der Physiologe Sigmund Exner als auch der junge Sigmund Freud versuchten sich an physiologischen Erklärungen der psychischen Erscheinungen, die auf der Assoziationslehre aufbauten. In anatomischer Hinsicht führte Paul Flechsig Meynerts Werk weiter, indem er mittels der so genannten myelogenetischen Methode (funktionelle Gliederung der Hirnfasern aufgrund ihres Reifungsprozesses) postulierte, dass Projektions- und Assoziationszentren klar voneinander getrennt werden könnten.

Während die Lokalisationslehre durch klinische Beobachtungen und die Anatomie angestoßen wurde, vollzog sich ihr Durchbruch erst durch die experimentelle Physiologie. 1870 führten der Nervenarzt Eduard Hitzig und der Anatom Gustav Fritsch Untersuchungen durch, bei denen sie durch elektrische Stimulation bestimmter kortikaler Regionen Bewegungen der Gliedmaßen ihrer Versuchstiere hervorrufen konnten. Der Nachweis der motorischen Erregbarkeit der Hirnrinde war der Startschuss für zahlreiche Untersuchungen: David Ferrier verfeinerte die Untersuchungen von Fritsch und Hitzig, Hermann Munk bestimmte optische, akustische und somato-sensorische Zentren und beschrieb unterschiedliche kortikale Sehstörungen. Trotz mancher Debatten der Hirnforscher um die Begrenzung bestimmter Felder und die Lokalisierbarkeit spezifischer Funktionen bestand Einigkeit darin, dass die Ausführung psychischer und physischer Akte an bestimmte Hirnregionen gebunden ist – auch wenn sich die Verhältnisse rasch als viel komplizierter erweisen sollten als zunächst angenommen. Beispielsweise beobachtete Friedrich Goltz seine Versuchstiere über einen möglichst langen Zeitraum und konnte zeigen, dass durch Substanzverlust bedingte „Ausfallerscheinungen" von operationsbedingten, vorübergehenden „Hemmungserscheinungen" zu unterscheiden waren. Angesichts der Regenerationsfähigkeit stellte sich damit die Frage nach festgelegten Zentren neu.

Neuronenlehre

Das späte 19. Jahrhundert stand ganz unter dem Eindruck der Lokalisationslehre. In

einem ganz anderen Zweig der Hirnforschung entwickelte sich nach 1880 die Neuronenlehre. Dass es sich bei Nervenzellen um individuelle Entitäten handelt, war keine neue Einsicht. Während Theodor Schwann und Matthias Jacob Schleiden in den 1830er Jahren die Zellenlehre begründeten, gab es daneben auch Anatomen wie Christian Gottfried Ehrenberg, Jan Evangelista Purkyne und Robert Remak, die kugelige Ganglienkörper oder Nervenzellen als Elementarstrukturen des Nervensystems ansahen. Purkyne sprach sowohl den Zellen als auch den Nervenfasern den Charakter der Individualität zu, doch blieb es noch für längere Zeit unklar, ob und auf welche Weise Zellen und Fasern miteinander zusammenhängen. Als man sich darauf einigte, dass der Zellkörper über verschiedene Auswüchse verfügt, nämlich einen axialen Zylinder (Axon) und zahlreiche protoplasmatische Fortsätze (Dendriten), wurde die Annahme individueller Nervenzellen zugunsten der Theorie aufgegeben, wonach alle Nervenzellen ein einziges, kontinuierliches Netzwerk bildeten. Diese Ansicht harmonierte gut mit der antilokalisatorischen Doktrin von Flourens, denn für die Anhänger der Netzwerktheorie erschien das Gehirn in anatomischer und physiologischer Hinsicht als einheitliches, zusammenhängendes Organ.

1873 konnte Camillo Golgi mittels einer neuen Färbetechnik Nervenzellen mit ihren endlosen Verzweigungen in bis dahin nicht für möglich gehaltener Schärfe und Klarheit sichtbar machen, und er hatte neue Beobachtungen über die Struktur der Nervenzellen mitzuteilen. Nicht nur Dendriten, auch Axone verfügten über Seiten- und Nebenäste (Kollaterale), und er unterschied zwei Typen von Nervenzellen: solche, die ein langes Axon haben (heute als Typ-I Neuronen bezeichnet), und solche, die sich dicht am Zellkörper verzweigen (Typ-II Neuronen). Die Dendriten wiederum bildeten nicht, wie man bis dahin gedacht hatte, ein zusammenhängendes Netzwerk, sondern endeten frei im interstitiellen (in den Zwischenräumen funktionstragender Elemente liegenden) Gewebe. Ungeachtet dieser drei wichtigen und bis heute gültigen Neuerungen folgte Golgi der Ansicht, dass die Nerven ein kontinuierliches, funktionell einheitliches Gewebe bildeten, das über Axone miteinander verbunden war.

Es gehört zu den Pikanterien in der Geschichte der Hirnforschung, dass eine morphologische und funktionelle Unabhängigkeit der Nervenzellen gegen die Netzwerktheorie ausgerechnet auf der Basis von Golgis revolutionärer Färbetechnik behauptet wurde. So konnte Santiago Ramón y Cajal 1888 zeigen, dass verschiedene Zelltypen sich im Kleinhirn einander annäherten, ohne sich zu berühren, was zumindest nahe legte, dass die Verbindung zwischen Nervenzellen durch Kontakt und nicht durch Kontinuität zustande kam. Die Frage war, wie sich der Impuls von einer Zelle auf die andere übertrug. Unabhängig voneinander postulierten Ramón y Cajal und Arthur van Gehuchten das Gesetz der dynamischen Polarisation, das besagt, dass Dendriten die Erregung zum Zellleib hinleiten, während Axone diese zum nächsten Neuron weiterleiten. Diese physiologische Hypothese zur Erregungsleitung im Nervensystem blieb zwar vorerst ebenso spekulativ wie Charles S. Sherringtons Annahme, dass sich zwischen den Nerven ein kleiner Spalt befinde, für den er den Namen „Synapse“ fand, doch war die Mehrzahl der Anatomen um 1900 von der Richtigkeit der Neuronenlehre überzeugt. Auf die Lokalisationstheorie hatte das indes keinerlei Auswirkungen. Beide Doktrinen existierten nebeneinander, ohne einander zu stützen oder zu widersprechen.

Interdisziplinäre Ansätze

Nach 1900 mehrte sich die Kritik an der Lokalisationstheorie, wobei Unstimmigkeiten in der Theorie selbst und weltanschauliche Gründe Hand in Hand gingen. Zwar war die Idee einer ganzheitlichen Funktion des Gehirns durchaus nicht dualistisch geprägt. Die Frage war nur, ob das komplexe Verhältnis von Struktur und Funktion aufgrund der Analyse einzelner Hirnregionen abgehandelt werden könne und ob eine neurologische Betrachtung des menschlichen Geistes als Summe seiner Empfindungen für das Verständnis vom Menschen und seiner Krankheiten ausreichend sei. Als wichtiges Argument diente die Verschiedenheit der Symptome bei anscheinend gleicher Lage des Läsionsherds. Zudem konnte aus anatomischer Perspektive kein plausibles Argument für die spätere Rückbildung der Symptome geliefert werden.

Eine entscheidende Reaktion auf diese Unstimmigkeiten lag in der gründlicheren und systematischeren neurologisch-psychologi-

schen Exploration hirngeschädigter Patienten. Dazu gehörte auch die Einführung psychologischer Testverfahren, mit denen etliche Störungen beschrieben werden konnten, die zuvor der Aufmerksamkeit der Neurologen entgangen waren. Letztlich ging es darum, die Neurologie aus ihrem zu engen theoretischen Korsett zu befreien, und das geschah durch zunehmende Integration von Ergebnissen aus Sprachwissenschaft und Psychologie. Manche Hirnforscher versuchten sogar, die sensomotorische, reflexologische und somit reduktionistische Lokalisationslehre in eine übergeordnete psychologische oder biologische Theorie einzubinden, innerhalb derer der ganze Mensch berücksichtigt wurde.

Es waren vor allem Constantin von Monakow und Kurt Goldstein, die eine der individuellen Persönlichkeit des Menschen gerechter werdende biologische Grundlage der Neurologie zu entwickeln versuchten. Für Monakow war die Fähigkeit des Organismus, entstandene Schädigungen bis zu einem gewissen Grad selbst zu reparieren, ebenso zentral wie die Herausbildung von Kompensationsmechanismen. Während vorübergehende reaktive Störungen durch Isolierungen von verschiedenen Nervenzellverbänden, Unterbrechungen von Leitungsbahnen und Ernährungsstörungen ausgelöst würden, führe die Vernichtung von Hirngewebe zu kompensatorischen Regressionen des Verhaltens. Eine Verletzung, auch wenn sie lokal begrenzt war, bedingte allgemeine organische Reaktionen, und das bedeutete, dass man das Gehirn nicht isoliert vom Rest des Körpers betrachten konnte. Umschriebene Ausfallsymptome waren demnach biologische Erscheinungen an einem durch Krankheit veränderten Menschen.

Der Neurologe Kurt Goldstein entwickelte seine Theorie des Organismus ausgehend von Erfahrungen mit hirnverletzten Soldaten, die im Ersten Weltkrieg Opfer von Kopfschüssen geworden waren. In der Kombination aus intensiver psychologischer und psychiatrischer Untersuchung sowie sozialmedizinischer Betreuung fand Goldstein den Schlüssel zu seiner Theorie, die eine der Umweltlehre Jakob von Uexkülls verwandte Auffassung von der Beziehung zwischen Organismus und Umwelt vertrat. Danach wird Normalität bzw. Gesundheit als Adäquatheit zwischen Individuum und Umwelt definiert. Krankheit war für Goldstein stets durch einen dem Organismus inadäquaten Vorgang ausgelöst, der dieses Gleichgewicht aufhob und zu einer Erschütterung, einer „Katastrophenreaktion“ führte. Die weitere Reaktion des Organismus sah Goldstein in dem Versuch, ein neues Gleichgewicht herzustellen, das entweder zur vollständigen Gesundung führte, oder, wenn dies nicht möglich war, die Adäquatheit auf einem niedrigeren Level wiederherstellte. Nach dieser Theorie war das Gehirn keine Reiz-Reaktions-Maschine, sondern es reagierte auf Reize und Veränderungen der Umwelt ganz individuell, je nach vorgegebener biographischer Entwicklung. Insofern ist es nicht abwegig, Goldstein als Theoretiker des *sozialen Gehirns* anzusehen.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gab es also zwei entgegengesetzte Betrachtungsweisen der Gehirnfunktionen: Die eine analysierte eine einzelne Funktion in ihrem Verhältnis zur Gesamtfunktion; die Reaktion auf einen Reiz war dabei abhängig vom Gesamtzustand des Gehirns. Die andere Position verstand das Ganze als Summe seiner Teile. Beispielsweise erklärte Iwan Pawlow den Mechanismus des bedingten Reflexes in der Weise, dass zwei Ereignisse (z. B. Appetitauslösung und ein Klingelgeräusch) in zwei voneinander unabhängigen Gehirnzentren verarbeitet würden, und erst durch die Kombination beider Reize komme es zu einer stabilen Kommunikation der beiden Zentren. Natürlich war eine solche Erklärung rein hypothetisch, doch erstens war die Reflexlehre trotz solcher Makel außerordentlich einflussreich, und zweitens unternahm die Anatomie nach 1900 große Anstrengungen, Mark und Rinde des Kortex nach Anordnung, Zahl, Größe und grober Morphologie der Nervenzellen und Leitungsfasern einzuteilen.

Nach diesem Prinzip begründeten Cécile und Oskar Vogt sowie Korbinian Brodmann eine zytoarchitektonische (auf die Architektur der Zellen bezogene) Einteilung der Großhirnrinde, indem sie einheitlich aufgebaute und regional begrenzte Felder voneinander unterschieden. Brodmanns Hirnkarte des Menschen hat bis auf den heutigen Tag ihre Gültigkeit bewahrt. Bestechend an dem Ansatz der Vogts war ihr interdisziplinärer Zugang. Neben Anatomie und Physiologie verwoben sie am Kaiser-Wilhelm-Institut für Hirnforschung in Berlin genetische, chemische, klinische und pharmakologische For-

schungsansätze zu einem interdisziplinären Großprojekt, das zu einer empirischen Lösung des Leib-Seele-Problems führen sollte. Diese war in dem Moment erreicht, wenn für jedes Element der Bewusstseinserscheinungen ein physiologisches Korrelat gefunden werden würde und dadurch der Verlauf der seelischen Phänomene vollständig abgeleitet werden könnte. Vor diesem Hintergrund ist es zu verstehen, dass Oskar Vogt nach der vorläufigen zytoarchitektonischen Analyse von Lenins Hirn aus einer verbreiterten III. Rindenschicht und zahlreichen großen Pyramidenzellen auf einen „Assoziationsathleten“ schloss und sich aus der Architektonik wichtige Resultate für Pädagogik und Eugenik versprach, indem er glaubte, „Asoziale“, Kriminelle und die Elite an ihren Gehirnen zu erkennen.

In Fortführung der Gall'schen Tradition ist der Traum von der Hirnforschung als anthropologischer Leitwissenschaft mit weitgehenden gesellschaftlichen Autoritätsbefugnissen ein typisches Beispiel für die zunehmende Politisierung der biomedizinischen Wissenschaften im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts. Wie verheerend sich die Verbindung von Hirnforschung und Biopolitik auswirken konnte, zeigt sich an dem Massaker, das die Nationalsozialisten unter zumindest indirekter Beteiligung führender Hirnanatomen mit der Euthanasie-Aktion veranstalteten.

Während Vogts politisch-szientifische Ambitionen im Nationalsozialismus ein Ende fanden, blieb die interdisziplinär angelegte Hirnforschung beispielhaft, was sich vor allem an der wissenschaftlichen Ergiebigkeit der noch jungen Neurochirurgie zeigte. Der direkte Zugang zum menschlichen Gehirn eröffnete wichtige Perspektiven für die Lokalisationsforschung, insbesondere in Fortführung der von Fritsch und Hitzig im Tierversuch durchgeführten Stimulationsexperimente der Hirnrinde. Am menschlichen Gehirn wurden vergleichbare Untersuchungen im Rahmen einer chirurgischen Therapie der Epilepsie eingeführt. Bereits 1909 vermochte Harvey Cushing durch Stimulation des *Gyrus postcentralis* beim wachen Patienten Empfindungen in den gegenüberliegenden Extremitäten zu produzieren. Von Brodmanns und Vogts Einteilungen ausgehend, nahm der Breslauer Neurologe Otfried Foerster intraoperative elektrische Reizversuche der motorischen und sensorische Regionen an epileptischen oder an einem Hirntumor leidenden Patienten vor und konnte zeigen, dass bei diesen während der Operation wachen Personen Schmatzbewegungen, Grunzlaute oder Kribbelgefühle ausgelöst werden konnten.

Der kanadische Neurochirurg Wilder Penfield, der sich während eines Aufenthalts bei Foerster mit der intraoperativen Stimulierung des Kortex vertraut gemacht hatte, erstellte durch systematische Reizung des Kortex eine Landkarte der sensomotorischen Funktionen, der mit Bedacht als Homunkulus dargestellt wurde, da die Ausdehnung der Körperteile ihrer Wichtigkeit im Alltagsleben entsprechen sollte. Nach derselben Methode unternahm er auch eine Lokalisierung der Sprachzentren und evozierte experimentelle Halluzinationen und Illusionen optischer und akustischer Art. Diese Phänomene tauchten nicht zufällig auf, sondern standen bei jedem Patienten im engen Zusammenhang mit seiner Biographie. Daraus schloss Penfield, dass diese Areale eine spezielle Beziehung zum *record of experience* und dessen Reaktivierung hätten.

Das von Penfield beim Menschen systematisch eingeführte Prinzip der intrazerebralen Stimulation ist für die Lokalisationsforschung auch heute noch relevant, denn immer wieder berichten Patienten von neuen und überraschenden subjektiven Erscheinungen, die durch solche Stimulationen im Verlauf einer neurochirurgischen Operation auftauchen, was die Hirnforscher zu neuen Spekulationen über die Funktion eines bis dahin noch nicht näher klassifizierten Hirnareals anregt.

Das Gehirn als Computer

Ein neues Kapitel in der Hirnforschung wurde durch die Kybernetik eröffnet. Mit ihr vollzog sich ein Wandel von einer organizistischen zu einer technizistischen Betrachtung des Gehirns, die einer Maschinentheorie des Geistes entsprach. Solche Überlegungen waren schon um 1930 mit dem Behaviorismus sowie Hans Bergers Erfindung der Elektroenzephalographie (EEG) aufgekommen, wodurch das Gehirn als elektrisches Organ konzipiert wurde. Doch die Kybernetik ging weiter. Sie konzentrierte sich nicht auf Strukturen, sondern auf Funktionen; sie war nicht

an individuellen geistigen Merkmalen interessiert, sondern an allgemeinen Gesetzmäßigkeiten des Denkens, Wahrnehmens und Verhaltens; sie setzte nicht auf Größenverhältnisse und auf topographische Konstellationen, sondern auf dynamische Zustände und Verschaltungen, bei denen es gleichgültig war, ob diese durch organische Substanzen wie Nervenzellen oder durch Maschinen realisiert wurden. Größe und Anzahl von Nervenzellen waren irrelevant, stattdessen kam es auf ihren Aktivierungszustand an. Das Gehirn galt nicht länger als Organ, in das Intelligenz und Gefühle, Denken und Triebe an verschiedenen Orten eingeschrieben wurden, sondern als Funktionseinheit, die symbolische Informationsverarbeitung betrieb und Probleme löste. Dieser *cognitive turn* machte das Gehirn zu einem Computer. Die zentrale Frage lautete: Nach welchem Algorithmus funktioniert das Gehirn, und wie lassen sich Gehirnfunktionen elektronisch simulieren?

An diesem Punkt kam die Neuronentheorie wieder ins Spiel. Die Neuronen als kleinste funktionelle Einheiten des Gehirns agieren wie ein Relais, indem ihre physiologische Wirkung auf zwei Zuständen basiert: dem Aktivierungs- oder dem Ruhezustand. Diese Idee des On-off-Prinzips war eine genuin physiologische Theorie, die von dem Alles-oder-Nichts-Prinzip der Nervenaktivierung ausging, das E. A. Adrian bereits in den 1920er Jahren aufgestellt hatte. Diese Theorie wurde in dem Moment zu einem mathematischen und medientechnischen Ereignis, als Alan Turing 1936 die These aufstellte, dass Rechenmaschinen und Gehirne gleichermaßen nach logischen Prinzipien verstanden werden könnten, auch wenn das Nervensystem keine Maschine mit diskreten Zuständen sei. Darauf aufbauend versuchten Warren McCulloch und Walter Pitts, die Vorgänge im Nervensystem als logische Operationen zu kennzeichnen, bei denen der Aktivitätszustand eines einzelnen Neurons mit dem simpelsten psychischen Akt korrespondierte. Die Informationstheorie des Nervensystems befasste sich mit kleinsten Einheiten, um den gemeinsamen Nenner intelligenter Operationen dingfest zu machen. Als es gelang, die Aktivität einzelner Neuronen im Gehirn mittels einer Mikroelektrode abzuleiten, zeigte sich insbesondere am visuellen System, dass bestimmte Zellen tatsächlich auf spezifische Reize reagieren. Ob solche Aktivitätsmuster mit einfachsten psychischen Akten identifiziert werden können, ist bis heute ungeklärt.

Ausblick

Im Zeitalter des Neuroimaging geht man nicht mehr davon aus, dass das Gehirn ein Computer ist, sondern dass es in enger Verbindung mit dem übrigen Organismus und der Umwelt agiert. Auch das einfache Reiz-Reaktions-Schema hat an Bedeutung verloren. Dennoch gelten Neuronentheorie und Lokalisationslehre weiterhin als so bedeutend, dass die Neurowissenschaften ohne sie nur schwer vorstellbar wären. Die Funktion eines Neurons bildet die Grundlage für das Verständnis neuronaler Prozesse, obwohl es neben den Neuronen noch andere Nervenzellarten im Gehirn gibt. Deren Zusammenspiel ist nach wie vor nur wenig verstanden.

Die Lokalisationstheorie hat durch die neuen bildgebenden Verfahren eine regelrechte Renaissance erlebt. Ob es freilich sinnvoll ist, Emotionen, Altruismus, ästhetisches Verständnis oder Religiosität im Gehirn zu lokalisieren, ist eine heftig umstrittene Frage. Die Grundlagen für diese Theorie sind recht alt, und eine neue, anders konfigurierte Theorie ist bislang nicht in Sicht. Am Anspruch hingegen, das menschliche Verhalten auf der Basis des Gehirns zu erklären, hat sich nichts verändert.[1]

[1] Der Beitrag basiert auf folgender Literatur: Cornelius Borck, Das elektrische Gehirn. Geschichte und Wissenskultur der Elektroenzephalographie, Göttingen 2005; Olaf Breidbach, Die Materialisierung des Ichs. Zur Geschichte der Hirnforschung im 19. und 20. Jahrhundert, Frankfurt/M. 1997; Pietro Corsi (ed.), The Enchanted Loom. Chapters in the History of Neuroscience, Oxford 1991; Douwe Draaisma, Die Metaphernmaschine. Eine Geschichte des Gedächtnisses, Darmstadt 1999; Stanley Finger, Origins of Neuroscience. A history of explorations into brain function, New York 1994; Michael Hagner, Homo cerebralis. Der Wandel vom Seelenorgan zum Gehirn. Berlin 1997 (Neuausgabe Frankfurt/M. 2008); ders. (Hrsg.), Ecce cortex. Beiträge zur Geschichte des modernen Gehirns, Göttingen 1999; ders., Geniale Gehirne. Zur Geschichte der Elitegehirnforschung, Göttingen 2004; ders., Der Geist bei der Arbeit. Historische Untersuchungen zur Hirnforschung, Göttingen 2006; Anne Harrington, Medicine, Mind and the Double Brain, Princeton 1987; Gordon M. Shepherd, Foundations of the Neuron Doctrine, Oxford 1991.

Christian Hoppe

Neuromarketing und Neuroökonomie

In den Reihen der Hirnforscher besteht heute weitgehend Einigkeit darüber, dass seelisch-geistige Phänomene ausnahmslos als Hirnprozesse physisch realisiert sind; es gibt jedenfalls keine anerkannten empirischen oder gar experimentellen Hinweise auf hirnunabhängige seelisch-geistige Phänomene. Das Verhalten und Erleben eines Individuums in seiner Umwelt ist demnach zwar untrennbar verknüpft mit den Prozessen in einem seiner Organe, nämlich dem Gehirn; aber diese Phänomene sind offensichtlich nicht identisch.

Christian Hoppe
Dr. rer. nat., geb. 1967; Neuropsychologe an der Klinik für Epileptologie, Universitätsklinikum Bonn, Sigmund-Freud-Straße 25, 53127 Bonn.
christian.hoppe@ukb.uni-bonn.de

Während das *Dass* dieses Geist-Gehirn-Zusammenhangs klar scheint, ist das *Wie* weitgehend ungeklärt. Klinische Neuropsychologen beobachten die Folgen von Hirnerkrankungen auf das menschliche Erleben und Verhalten (z. B. Sprachverlust nach einem Schlaganfall). Experimentelle Neuropsychologen verändern gezielt physisch die Hirnfunktion, z. B. im Tiermodell durch chirurgische Läsionen (Beschädigungen) oder beim Menschen mittels Drogen oder repetitiver transkranieller (durch den Schädel verlaufende) Magnetstimulation, und untersuchen die Effekte dieser Interventionen auf das Verhalten und Erleben des Individuums. Psychophysiologen gehen gleichsam den umgekehrten Weg und kontrollieren das Verhalten und Erleben im Rahmen experimentalpsychologischer Paradigmen und Konzepte (z. B. durch definierte Stimuli oder Aufgabenstellungen), während sie gleichzeitig mit Hilfe der Elektroenzephalographie (EEG), der funktionellen Bildgebung des Gehirns (fMRI u. a.) oder anderen ungefährlichen physiologischen Messverfahren die im Gehirn ausgelösten Prozesse beobachten (z. B. regionale Blutflussänderungen infolge lokal gesteigerter Nervenzellaktivität).

Auf faszinierende Weise lassen sich für verschiedene psychische Funktionen *Hot Spots* der Hirnaktivität ausmachen, deren Unversehrtheit eine notwendige Voraussetzung für die intakte Funktion darstellt. Man kennt, um nur einige Beispiele zu nennen, die primären motorischen und taktil-sensorischen Regionen (*Gyrus prae- und postcentralis*), die für die Bildung episodischer Gedächtnisinhalte unbedingt erforderlichen Strukturen (der Hippocampus im tiefen Schläfenlappen), Regionen, die an Emotionsverarbeitung entscheidend beteiligt sind (z. B. Mandelkern) sowie Areale, die im Falle von Erfolgs- und Belohnungserlebnissen stark aktivieren (*Nucleus accumbens*, das Striatum, so genanntes „Belohnungssystem"). Wenngleich die funktionelle Bildgebung bei gesunden Probanden für sich genommen nicht beweisen könnte, dass die beobachteten Hirnprozesse („Aktivierungen") für die intakten kognitiven Prozesse tatsächlich kausal relevant sind, so wird mit Hilfe der Bilddaten in Verbindung mit dem bereits vorhandenem Struktur-Funktions-Wissen quasi sekundär eine Art psychologische „Sezierung" eines kognitiven Prozesses möglich.

Neuromarketing

Psychologisches Wissen kann in ganz verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen dazu eingesetzt werden, gewünschtes Verhalten zu befördern und unerwünschtes zu unterdrücken (Psychotherapie, Pädagogik, Forensik, Personalauswahl/-entwicklung, Werbung usw.). In der Werbewirkung spielen keine anderen psychologischen Faktoren und Funktionen eine Rolle als im sonstigen menschlichen Erleben und Verhalten auch: Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Lernen und Gedächtnis, Emotion, Motivation, Einflüsse der Persönlichkeit, der sozialen Situation. Marken- und Werbepsychologie werden seit Jahrzehnten betrieben, und die Forschungsergebnisse fließen in die Planung von neuen Produkten und Marketingstrategien maßgeblich ein. Größere Unternehmen und Werbeagenturen leisten sich eigene werbepsychologische Forschungs- und Entwicklungsabteilungen, oder sie kooperieren intensiv mit akademischen Partnern. Der Versuch,

menschliches Verhalten und Erleben unter dem Gesichtspunkt einer kommerziellen Anwendung dieses Wissens zu erforschen, ist mindestens so alt wie die wissenschaftliche Psychologie. Konditionierung, Lernen am Modell und die Ausnutzung aufmerksamkeits-, wahrnehmungs- oder denkpsychologischer „Schwächen" sind in unserer von Werbung geprägten Kultur an der Tagesordnung. Ist es nicht erstaunlich, dass die Psychologie bisher nicht zum Gegenstand öffentlicher Ethikdebatten wurde?

„Neuromarketing" bezeichnet die Psychophysiologie bzw. Neuropsychologie der Marken- und Werbewirkung, d. h. eine um neurowissenschaftliche Verfahren erweiterte Marken- und Werbepsychologie. Es sind bereits viele zuverlässig reproduzierbare marken- und werbepsychologische Effekte bekannt – aber keinesfalls verstanden. Das Neuromarketing sucht nach Erklärungen auf der Ebene des Gehirns. Die *Neuropsychologie* der Werbewirkung kann dabei Verhaltenseffekte einer gezielten Manipulation des Gehirns ermitteln; z. B. wäre es denkbar, dass die Applikation geeigneter, in der Raumluft gelöster neuroaktiver Substanzen über die Nasenschleimhaut die Kauflaune von Kunden und schließlich ihr Kaufverhalten günstig beeinflussen (Stichwort: Oxytocin). Aber Marketeers (Personen, die für die Vermarktung eines Produktes zuständig sind) beabsichtigen wohl kaum, unmittelbar physiologisch-mechanisch, chemisch, genetisch oder elektromagnetisch in den Köpfen ihrer Kundinnen und Kunden zu intervenieren. Ein offener Einsatz neurophysiologischer Beeinflussungsverfahren erscheint auf lange Sicht hin inakzeptabel; ein heimlicher Einsatz wäre hoch riskant im Hinblick auf das Firmenimage. Die Grenzen zwischen noch psychologischer und bereits neurophysiologischer Manipulation sind allerdings fließend. Es sei hier aber daran erinnert, dass eine psychologische Stimulation subtiler und effektiver sein und die Integrität der Person letztlich stärker gefährden kann als eine neurophysiologische Manipulation.

Psychophysiologen können mittels funktioneller Bildgebung des Gehirns die neuronalen Mechanismen bekannter oder vermuteter marken- und werbepsychologischer Effekte aufschlüsseln. Tatsächlich verbinden sich heute mit dem Begriff „Neuromarketing" vor allem dieser Ansatz und die außerklinische, nichtinvasive (weder Injektionen noch Strahlung anwendende) Forschung an gesunden Probanden ohne jede Intervention auf Gehirnebene. Es ist unstrittig, dass diese Forschung dazu beiträgt, die Funktionen bestimmter Hirnareale zu erforschen: Mit Hilfe experimentalpsychologischer Verfahren identifiziert man bestimmte Module der Hirnfunktion und charakterisiert sie anhand ihrer psychologischen Funktion. Sekundär, d. h. unter Rückgriff auf bereits vorhandenes Struktur-Funktions-Wissen, ermöglicht dieses „Neuroimaging" eine genauere psychologische Analyse kognitiver Prozesse. Zum Beispiel könnte strittig sein, ob das Erleben einer bevorzugten Marke eher gedächtnisbezogen mit dem Wiederaufleben früherer positiver Erinnerungen oder eher motivational mit aktuellem Belohnungserleben zu tun hat. Eine funktionell-bildgebende Studie könnte zur Klärung dieser Fragestellung wertvolle Daten liefern, denn im Fall der gedächtnisbezogenen Hypothese würde man eine starke Aktivierung gedächtnisassoziierter Hirnstrukturen im tiefen Schläfenlappen erwarten (Hippocampus), während eine Aktivierung des mit Belohnungssituationen assoziierten *Nucleus accumbens* im Stirnhirn eher ein motivationales Modell bestätigen würde.

Werbemaßnahmen, die mit dem Hinweis auf bestimmte Vorteile auf der Hirnebene angepriesen werden – was durchaus nicht selten ist –, können heute im Hinblick auf diese Behauptungen evaluiert werden (z. B. stärkere Aktivierung der rechten Hirnhälfte bei Verwendung von Bildmarken, stärkere Aktivierung von emotionsassoziierten Arealen bei Verwendung von Gesichtern). Auch zur Aufklärung der Ursachen differenzieller Effekte von Werbemaßnahmen können Hirndaten beitragen: Warum verfangen bestimmte Werbemaßnahmen zum Beispiel nur bei jungen oder bei weiblichen oder bei extravertierten oder bei europäischen Kunden? In dieser Hinsicht darf man vom Neuromarketing zu Recht einen Erkenntnisfortschritt erwarten, der über die bloße Illustration bereits bekannter psychologischer Phänomene hinausgeht und zugrunde liegende neuronale und (indirekt) psychologische Mechanismen aufzuklären hilft.

Doch wie beim neuropsychologischen Zugang stellt sich auch hier die Frage, wie inter-

essant die Problemstellungen und möglichen Forschungsergebnisse eines psychophysiologisch angelegten Neuromarketings für den Anwender sind. Diese werden die Wirkung ihrer Maßnahmen weiterhin ja nicht an mutmaßlichen oder gar nachgewiesenen Hirnaktivierungen, sondern an repräsentativen Umfragewerten (Bekanntheits- und Einstellungsmessungen) und (besser noch) manifesten Umsatzzahlen (Kaufverhalten) ablesen wollen. Das heißt, aus Sicht des reinen Anwenders zählt und genügt methodisch und konzeptuell die psychologische Ebene – das Erleben und Verhalten von Kunden unter dem Einfluss eines werblich gestalteten Kontexts. Die Einstellungs- und Verhaltenseffekte selbst, um die es dem Marketeer letztlich geht, lassen sich zudem kostengünstiger ermitteln als die ihnen zugrunde liegenden hirnphysiologischen Mechanismen.

Das Neuromarketing muss erst noch beweisen, dass zum Beispiel die Vorhersage des Erfolgs einer Werbekampagne unter zusätzlicher Nutzung kostspieliger neurowissenschaftlicher Verfahren effizienter wird, als wenn man ausschließlich psychologische Verfahren einsetzt. Ferner sollte man nicht vergessen, dass Werbung nicht nur ein individuelles, sondern primär ein soziokulturelles Phänomen darstellt, dessen Wirkung nicht nur in einem einzelnen Gehirn, sondern in einer Vielzahl von Gehirnen eintreten muss. Bisher hat sich das Neuromarketing mit Werbewirkungen ausschließlich auf individueller Ebene befasst; eine laborexperimentelle Abbildung sozialer Phänomene im Kernspintomographen bzw. unter der EEG-Haube ist zwar nicht ausgeschlossen, wird sich aber wohl immer deutlich vom realen Feld unterscheiden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass man mit Neuromarketing – Neuropsychologie und Psychophysiologie – *notwendige Voraussetzungen* effizienter Werbemaßnahmen auf psychologischer und neuronaler Ebene entdeckt, während deren *hinreichende Bedingungen* unbekannt bleiben. Die Marken- und Werbepsychologie trägt seit Jahrzehnten dazu bei, Werbemaßnahmen auf einer rationalen psychologischen Basis zu planen und dadurch unnötige Ausgaben zu vermeiden (Beispiel: Einhaltung minimaler Darbietungszeiten für verbale Informationen, damit diese überhaupt gelesen werden können). Psychologische Kenntnisse ersetzen aber weder den kreativen und stets risikobehafteten Prozess der Entwicklung einer neuen Kampagne – ein guter Physiker ist ja auch nicht notwendigerweise ein guter Erfinder – noch deren sorgfältige psychologische und ökonomische Evaluation.

Neuroökonomie

Die Neuroökonomie (*neuroeconomics*) ist die Psychophysiologie bzw. Neuropsychologie sozioökonomischen Verhaltens von Tieren und Menschen (z. B. Entscheidungen unter Unsicherheit). Dieses Fachgebiet sollte sorgfältig vom Neuromarketing unterschieden werden. Auch mit dem Begriff „Neuroökonomie“ verbinden sich langfristig anwendungsorientierte Fragestellungen; doch zum jetzigen Zeitpunkt kann dieses Fachgebiet eher als grundlagenwissenschaftlich eingestuft werden. Es formiert sich derzeit akademisch mit eigenen Fachzeitschriften und Professuren.

Die in der Neuroökonomie verwendeten Paradigmen werden typischerweise bereits seit geraumer Zeit im Bereich der so genannten *Behavioral Economics* untersucht, einem Teilbereich der Wirtschaftswissenschaften. Die Paradigmen haben einen spieltheoretischen bzw. mikroökonomischen Hintergrund, sodass das optimale Verhalten der Versuchspersonen (oder eines Computergegners) mathematisch berechnet werden kann. Auf diese Weise kann das in den Wirtschaftswissenschaften noch immer weit verbreitete Modell des *homo oeconomicus* empirisch geprüft werden. Auch wenn von Fachvertretern auf die Abgrenzung zur Psychologie großer Wert gelegt wird, kann dieser Ansatz in einem umfassenden Sinne methodisch und konzeptuell als „psychologisch“ qualifiziert werden, denn offensichtlich geht es auch hier primär um Erleben und Verhalten von Individuen oder kleinen Gruppen.

Ein erstes Beispiel: Im so genannten *Trust Game* erhält ein Proband A von der „Bank“ (Testleiter) einen gewissen Geldbetrag, von dem er einer weiteren Person B einen gewissen Anteil abtreten soll. Akzeptiert Person B den Deal, können beide ihren jeweiligen Anteil behalten; lehnt Person B die Offerte von A jedoch ab, bekommen beide nichts. Ratio-

nal betrachtet, müsste Person B jedes Angebot annehmen; denn jeder erhaltene Betrag ist mehr als nichts. Tatsächlich lehnen Personen aber als unfair empfundene Angebote ab. Die Ablehnungsschwelle unterliegt dabei starken kulturellen Einflüssen – ebenso wie die typischen Angebote von Person A. In manchen Kulturen wird von vornherein mehr als die Hälfte angeboten (und auch nicht weniger akzeptiert), während in anderen Kulturen gerade einmal zehn bis zwanzig Prozent der Summe offeriert und angenommen werden. Die Spielsituation lässt sich vielfach variieren: So können sich die beiden Spieler gegenseitig persönlich bekannt oder unbekannt sein; man kann virtuelle Mitspieler mit bestimmten Persönlichkeitseigenschaften erfinden und dadurch Effekte des Geschlechts, des sozioökonomischen Status, des ethnischen Hintergrundes oder der Persönlichkeit auf das Kooperationsverhalten experimentell untersuchen; ferner kann ein Rollenwechsel stattfinden oder nicht, zuvor angekündigt werden oder nicht, um Effekte der Gegenseitigkeit von fairem und unfairem Verhalten zu ermitteln.

Im *Trust Game* verbirgt sich die Operationalisierung altruistischen (uneigennützigen) Verhaltens; denn wenn Person B ein Angebot ablehnt, dann bestraft sie *auf eigene Kosten* Person A für unfaires Verhalten. Dieser Befund erscheint ökonomisch betrachtet unverständlich. Hier setzt die Neuroökonomie ein; denn möglicherweise erbringt die Darstellung der beteiligten Hirnstrukturen interessante Hinweise zur Erklärung dieses eigenartigen Verhaltens. Entsprechende Studien zeigen bei altruistischer Bestrafung eine Aktivierung des *Nucleus accumbens*. Diese Struktur wird hauptsächlich in erfolgs-, belohnungs- oder lustassoziierten Situationen aktiviert. Wird also bei Ablehnung eines unfairen Angebots vielleicht eine Art heimlicher Lust empfunden, den anderen dadurch für seine Unfairness strafen zu können, dass sein Anteil durch die Ablehnung ebenfalls an die Bank fällt? Ist einem dieses Lustgefühl die eigenen Kosten wert? Es scheint, dass subtile Mechanismen der Entstehung, Aufrechterhaltung und des Abbruchs von Kooperation neurobiologisch bestens verankert sind. Langfristig wird Person A durch die konsequente Bestrafung seitens Person B im Sinne operanter Konditionierung (Lernen durch Belohnung bzw. Verstärkung) lernen, sich (kulturgemäß) fairer zu verhalten – das heißt, die scheinbar irrationale Strategie verursacht auf Seiten von Person B lediglich kurzfristig Kosten im Sinne einer Investition in eine kooperativere Zukunft (die ihr neurobiologisch durch eine positive Aktivierung quasi ausgeglichen werden). Langfristig rechnet sich das scheinbar irrationale Verhalten demnach sehr wohl für Person B.

Ein weiteres Beispiel: Es ist bekannt, dass die beruflich-finanzielle Zufriedenheit ganz entscheidend vom Lohnvergleich mit anderen Personen abhängt. Ist erst einmal ein gewisser Standard erreicht, so bringt ein absoluter Zuwachs weniger zusätzliche Zufriedenheit als ein relativer Zuwachs im Vergleich zu anderen Personen. In bildgebenden Studien konnte gezeigt werden, dass auch relative Lohnunterschiede das „Belohnungszentrum“ des Gehirns – unabhängig von der absoluten Lohnhöhe – aktivieren. Dabei hatte man zwei Versuchspersonen gleichzeitig in zwei benachbarten Scannern (Magnetresonanztomographen) gegeneinander spielen lassen. Das Spiel bestand lediglich darin, immer wieder die Anzahl von Punkten einer Punktwolke, die kurzzeitig präsentiert wurde, einzuschätzen. Die nachfolgende Belohnung war von der Richtigkeit der Antworten abhängig, aber in manchen Situationen wurde nach einem vorgegebenen Plan eine der beiden Personen trotz gleich guter Leistung stärker belohnt als die andere (Stichwort: Lohnungerechtigkeit). In diesen Fällen kam es zu einer Aktivierung des *Nucleus accumbens* auf Seiten des Übervorteilten. Bisher wurden in dieser Studie nur Männer untersucht, und es bleibt abzuwarten, ob die derzeit durchgeführte Folgeuntersuchung an Frauen ähnliche Hinweise auf die belohnende Wirkung relativer Lohnunterschiede erbringen wird.

Die beiden genannten Beispiele verfolgen einen psychophysiologischen Ansatz. Ein abschließendes Beispiel verdeutlicht die Möglichkeiten neuropsychologischer Studien im Bereich der Neuroökonomie: Im *Investment Game* gibt ein „Sponsor“ einen bestimmten Geldbetrag an einen „Gläubiger“; die „Bank“ (der Testleiter) verdoppelt diesen Betrag, und der Gläubiger zahlt daraufhin einen frei wählbaren Anteil seines Vermögens an den Sponsor zurück. Dann beginnt das Spiel von vorn. Die Sponsoringbereitschaft kann in diesem Spiel durch angemessene Gewinnbeteili-

gung seitens des Gläubigers beeinflusst werden. Es ist bekannt, dass das Hypophysenhormon Oxytocin das Bindungsverhalten von Tieren und Menschen positiv beeinflusst; interessanterweise lässt es sich über die Nasenschleimhaut leicht aufnehmen und gelangt von dort schnell ins Gehirn. Wie beeinflusst das Hormon neuropsychopharmakologisch das Verhalten des Sponsors? Es zeigt sich, dass die Vertrauensbereitschaft eines Sponsors unter Oxytocin (im Vergleich zu einem Placebo-Nasenspray) zunimmt, allerdings nur gegenüber Menschen, nicht gegenüber Computermitspielern. Das Verhalten des Gläubigers bleibt von Oxytocin unbeeinflusst. Ergänzende bildgebende Studien der Züricher Forschergruppe konnten kürzlich zeigen, dass dieser Hormoneffekt über eine Deaktivierung des Mandelkerns (Emotion) sowie des Striatum (Belohnungszentrum) vermittelt sein könnte. Ist es also vorstellbar, dass ein Mittelständler, der dringend einen Kredit von seiner Bank benötigt, in Zukunft vor der Verhandlung heimlich ein wenig Oxytocin im Raum versprüht, um seinen Finanzberater gnädiger zu stimmen?

Insgesamt erstaunt das Ausmaß an Kooperation, das im Rahmen behavioral-ökonomischer und neuroökonomischer Studien entdeckt werden kann. Besonders bei Menschen lassen sich komplexe langfristige Kooperationen beobachten. Die Bedingungen der Entstehung, Aufrechterhaltung sowie Beendigung von Kooperation lassen sich mit Hilfe spieltheoretischer Paradigmen empirisch studieren und sind derzeit eines der meist beforschten Themen in der Biologie. Die oben aufgeführten Beispiele verweisen übereinstimmend auf einen ausgeprägten „Fairness-“ bzw. Gerechtigkeitssinn, und tatsächlich ist wahrgenommene Fairness bzw. Gerechtigkeit eine wesentliche Bedingung stabiler Kooperationen.

Mit Blick auf die (zukünftige) Anwendung dezidiert neuroökonomischer Erkenntnisse und das Interesse reiner Anwender an dieser Forschungsrichtung kann auf die Ausführungen zum Neuromarketing verwiesen werden. Direkte Hirnmanipulationen sind wohl kaum intendiert, denn die neuropsychologische Neuroökonomie bringt dem Anwender keinen Nutzen. Effekte ökonomischer Maßnahmen werden im manifesten Verhalten erfasst, nicht auf der Ebene der diesem Verhalten zugrunde liegenden Hirnaktivierungen; die psychophysiologische Neuroökonomie hilft dem Anwender ebenfalls wenig. Der reine Anwender wird auch hier auf zuverlässig reproduzierbare psychologische bzw. behavioralökonomische Effekte zurückgreifen.

Neuroethik

Neuromarketing und Neuroökonomie stehen in besonderer Weise für die derzeitige Ausdehnung der Hirnforschung mit ihren ursprünglich medizinischen Untersuchungsverfahren (EEG, Kernspintomographie) in einen außerklinischen Forschungskontext, bis hin zu einer kommerziellen Anwendung. Die beiden neuen Fachgebiete stellen methodisch und konzeptuell eine neurowissenschaftliche Erweiterung psychologischer (bzw. behavioral-ökonomischer) Forschung dar, welche seit vielen Jahrzehnten existiert, schon lange kommerziell angewandt wird und bemerkenswerterweise bisher kaum öffentlich unter ethischen Gesichtspunkten diskutiert wurde. Die vorangegangenen Ausführungen haben gezeigt, dass der reine Anwender an dieser neurowissenschaftlichen Erweiterung – also der Einbeziehung von Hirndaten mittels funktioneller Bildgebung und Ähnlichem – kaum Interesse haben wird. Der Blick in den Kopf des Kunden, den sich der Marketeer vielleicht metaphorisch wünscht, ist eben nicht der Blick in ein fünfzehnhundert Gramm schweres Organ aus Wasser, Fett, Proteinen, Kohlenhydraten und Mineralien, sondern in den „Geist“ des Kunden, in die psychologischen Gesetzmäßigkeiten, die dem Verhalten und Erleben zu Grunde liegen. Sowohl im Hinblick auf die Maßnahmen wie auch deren Evaluation ist ausschließlich die psychologische Ebene anwendungsrelevant: Erleben (z. B. Markenbekanntheit und Einstellung zu Marken) und manifestes Verhalten (Verkaufszahlen).

So betrachtet erscheint es eigenartig, nur deswegen, weil in der Marken- und Werbewirkungsforschung nun medizinische Großgeräte zum Einsatz kommen und das Gehirn als Organ in den Blick genommen wird, unter dem Stichwort „Neuroethik“ eine aufgeregte Ethikdiskussion zu beginnen. Offensichtlich ist die Meinung weit verbreitet, dass Handeln erst dann eine gesellschaftlich und politisch relevante ethische Dimension erhält,

wenn teure Geräte und riskante Technologie ins Spiel kommen – die ethische Dimension von Psychotechniken wird vernachlässigt. Die vielfältige Nutzbarkeit psychologischen Wissens – auch ohne Kenntnis der zu Grunde liegenden neuronalen Mechanismen – wird verkannt. Eine Evaluation des über Jahrzehnte etablierten faktischen Einflusses der Angewandten Psychologie auf das alltägliche und ökonomische Verhalten in vielen verschiedenen gesellschaftlichen und politischen Kontexten wäre die notwendige Grundlage einer angemessenen neuroethischen Diskussion.

Die aufkommenden neuroethischen Fragestellungen weisen strukturell bedeutsame Ähnlichkeiten zu den in den vergangenen zwei Jahrzehnten intensiv diskutierten Problemstellungen rund um die Genetik und die Gentechnologie auf. Das Gehirn ist dem Verhalten und Erleben, also der Person, allerdings noch näher als das Genom. Vergleichbare Fragestellungen betreffen zum Beispiel den Umgang mit Zufallsbefunden in der Forschung an gesunden Probanden, den Umgang mit prognostisch bedeutsamem Wissen (z. B. Hinweise auf ein deutlich erhöhtes Demenzrisiko bei jungen Menschen), die Frage, wer Zugang zu entsprechenden Daten haben soll und wer nicht (z. B. Lebensversicherungen, Personalabteilungen), sowie die grundsätzliche Frage nach dem Schutz der Privatheit der Person. Die Neuroethik-Debatte würde von einer genauen Analyse der Genethik-Debatte profitieren. Es wäre wünschenswert, dass irrationale Elemente – zum Beispiel unbegründete diffuse Befürchtungen auf der Basis fiktiver Zukunftsszenarios – aus der öffentlichen Diskussion soweit wie möglich herausgehalten werden. Den journalistischen Medien kommt hier eine zentrale Rolle und Verantwortung zu.

Ganz abgesehen davon, dass sich mit guter Werbung oder einem geschickten Verkaufsgespräch keinesfalls nur unerwünschte Manipulationen, sondern durchaus auch angenehme Erfahrungen der gelungenen Verführung zu neuen positiven Erlebnissen verbinden, steht es jedem Unternehmen zu, seine Marketingaktivitäten und den Dialog mit Kunden zu optimieren und entsprechende Studien durchzuführen bzw. durchführen zu lassen. Größere Werbeagenturen forschen, weil sie die vorgeschlagenen Maßnahmen gegenüber ihren Kunden überzeugend begründen möchten. Es erscheint wünschenswert, dass ein möglichst großer Teil dieser Forschung öffentlich, mit akademischer Anbindung erfolgt und regulär im *Peer-Review*-Verfahren publiziert wird, sodass sich im Prinzip jede und jeder über neue Erkenntnisse informieren kann. Dies würde das Vertrauen in die Seriosität dieser Forschung sowie die Qualität der Studien nachhaltig sichern.

Auf lange Sicht profitiert auch ein Unternehmen von transparenten Kommunikationsstrategien. Bei wachsendem „Manipulationswissen" könnte es notwendig werden, regelmäßig die Rechtslage anzupassen und sicherzustellen, dass bestimmte Formen intransparenter Manipulationen ausgeschlossen sind. Schließlich wäre es denkbar, dass Unternehmen die psychologischen Prinzipien ihrer aktuellen Werbemaßnahmen z. B. auf ihrer Website offenlegen – sei es, weil ein Unternehmen damit ein seriöses Image pflegen kann, sei es, weil die Kunden dies fordern oder weil es rechtlich verpflichtend festgelegt wird.

Neuromarketing wird die unhintergehbaren psychologischen und neuronalen Voraussetzungen für effiziente Werbemaßnahmen eruieren können, dadurch aber keinesfalls auf direktem Wege die perfekte Werbung hervorzaubern. *Neuroökonomie* wird wichtige Prinzipien für effizientes sozioökonomisches Verhalten aufzeigen können, aber ersetzt nicht den kreativen Prozess inhaltlich adäquater Argumentation und Strategie in der sozialen Alltagswelt. Es gibt daher gute Gründe, der Faszination dieser Forschungsrichtungen und unserer Neugierde an derart alltagsnahen Phänomenen mehr Raum zu geben als den Befürchtungen im Hinblick auf einen nie ganz auszuschließenden Missbrauch neuer Erkenntnisse.[1]

[1] Weiterführende Leseempfehlung: Frank Vogelsang/Christian Hoppe (Hrsg.), Ohne Hirn ist alles nichts. Impulse für eine Neuroethik, Neukirchen 2008; mit Beiträgen von Ludger Honnefelder, Andreas Klein, Georg Northoff, Michael Pauen, Stephan Schleim/Henrik Walter, Frank Vogelsang und Christian Hoppe sowie der Journalisten Christian Geyer, Ulrich Schnabel, Carsten Könneker und Johannes Seiler.

Gerd Kempermann

Plastizität und Regeneration des Gehirns

Als man Anfang der 1990er Jahre entdeckte – genau genommen: wiederentdeckte –, dass auch das erwachsene Gehirn noch neue Nervenzellen bilden kann,[1] wurde das oft mit dem Satz kommentiert, nun sei das Dogma, das Gehirn könne nicht regenerieren, endlich gefallen.[2] Ein Dogma ist ein autoritärer Lehrsatz, und die Autorität die hier angeblich dogmatisch gesprochen hatte, ist Santiago Ramón y Cajal, der Vater (und Übervater) der Hirnforschung. Cajal hatte sich in der Tat pessimistisch über die Regenerationsfähigkeit des Gehirns geäußert und lag damit auch keineswegs falsch.[3] Denn die große Herausforderung, die viele neurologische und psychiatrische Erkrankungen in einer immer älter werdenden Bevölkerung darstellen, liegt gerade in der Tatsache, dass das Gehirn offenbar kaum oder gar nicht regeneriert. Wie wir sehen werden, haben wir heute Grund für verhaltenen Optimismus, obwohl Ramón y Cajals Einschätzung an sich immer noch stimmt.

Gerd Kempermann
Dr. med., geb. 1965; Professor für die Genomischen Grundlagen der Regeneration am DFG-Forschungszentrum für Regenerative Therapien (CRTD) an der TU Dresden, Tatzberg 47–49, 01307 Dresden.
gerd.kempermann@crt-dresden.de

Worin könnte „Regeneration" bestehen? Unwillkürlich würde man sagen: in der Wiederherstellung des Zustandes, der vor der Erkrankung bestanden hat. Wenn zum Beispiel bei einem Schlaganfall ein Teil des Gehirns kurzzeitig von der Blut- und damit der Sauerstoffversorgung abgeschnitten wird, sterben Nerven- und andere Hirnzellen ab. Regeneration bedeutet hier die Rekonstitution der untergegangenen Hirnstruktur und der mit ihr verlorenen Funktion. Letztere ist freilich das Entscheidende.

Diese Vorstellung von Regeneration extrapoliert von der Regeneration, wie wir sie von anderen Organen gut kennen, auf das Gehirn: Unsere Haut heilt sehr gut, wenn sie nicht zu großflächig und tief geschädigt wird. Auch ein einfacher Knochenbruch heilt meist vollständig aus. Das blutbildende Knochenmark gleicht mäßige Blutverluste schnell wieder aus und stellt Immunzellen bereit, die mit Infektionen fertig werden. Und unsere Leber ist so regenerationsfreudig, dass man eine Hälfte entfernen kann, woraufhin die verbleibende Hälfte wieder zur alten Größe heranwächst.

Das Gehirn aber – wie auch Herz und Nieren – ist anfälliger für bleibende Schäden. Erkrankungen dieser Organe neigen dazu, nicht spontan zu heilen und chronisch zu werden. Das Gehirn ist ein Sonderfall, weil seine Struktur über alle Maßen komplex ist, und die Breite der Aufgaben, die das Gehirn zu bewältigen hat, eine Kompensation nur begrenzt zulässt. Wenn man immer wieder hört, im Gehirn übernehme nach einem Schaden eine andere Hirnregion die Aufgaben der geschädigten, so stimmt das nur bedingt. Es gibt zwar erstaunliche Beispiele solcher „Plastizität", aber letztlich ist diese Fähigkeit doch zu begrenzt, um bei schweren Schädigungen komplette oder zumindest weitgehende Abhilfe zu schaffen.

Hinzu kommt, dass wir in einem sehr eigentümlichen Sinn unser Gehirn *sind*. Das Gehirn ist der Sitz unserer Persönlichkeit, unseres Ichs und unserer individuellen Geschichte. Unsere Selbstwahrnehmung als Subjekt hängt vom Gehirn ab. Dabei ist es gleichgültig, ob wir der Meinung sind, das eine sei mit dem anderen identisch, oder doch meinen, das Subjekt könne mehr als nur Gehirn sein. Ohne Gehirn geht es jedenfalls nicht. Schon die Beeinträchtigungen durch Rausch und Kater nach einer aus den Fugen gerate-

Zu diesem Text vgl. auch das soeben erschienene Buch: Gerd Kempermann, Neue Zellen braucht der Mensch. Die Stammzellforschung und die Revolution der Medizin, Piper Verlag, München 2008.

[1] Vgl. H.A. Cameron/C.S. Woolley/B.S. McEwen/E. Gould, Differentiation of newly born neurons and glia in the dentate gyrus of the adult rat, in: Neuroscience, 56 (1993) 2, S. 337–344.

[2] Vgl. C.G. Gross, Neurogenesis in the adult brain: death of a dogma, in: Nature Revues Neuroscience, 1 (2000) 1, S. 67–73.

[3] Vgl. Santiago Ramon y Cajal, Degeneration and Regeneration of the Nervous System, New York 1928.

nen Geburtstagsfeier, bei denen das Gehirn die Symptome einer im Überschwang eingefangenen akuten Vergiftung loszuwerden versucht, zeigen in ihrer Breite, die von Fehlwahrnehmungen und Gedächtnisverlusten bis zur sprichwörtlichen Katerstimmung reicht, wie sehr wir vom reibungslosen Funktionieren unseres Gehirns abhängig sind.

Bei neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen und insbesondere bei Verletzungen des Gehirns gehen aber auch Inhalte verloren, da das Gehirn vor allem auch ein Speicher ungeheurer Informationsmengen ist. „Funktion" heißt nicht nur ein akutes Bearbeiten anfallender Probleme, sondern auch ein ständiges Zurückgreifen auf Erfahrung. Das Gehirn arbeitet nicht nur reaktiv, auf äußere Reize hin, sondern ist ständig aktiv; auch (oder gerade) im Schlaf. Deshalb hat Rekonstitution hier Grenzen. Dabei ist unser Gedächtnis erheblich fluider und veränderbarer als die Nullen und Einsen auf der Festplatte eines Computers. Anders als im Speicher des Computers treten im Gehirn Informationen unaufhörlich miteinander in Austausch. Die Hirnrinde nennt man daher auch „Assoziationskortex". Das bedeutet, dass man im Falle des Gehirns Struktur und Funktion nicht trennen kann.

Erinnerungen sind im Gehirn nicht säuberlich in Karteikästen abgelegt, sondern reflektieren „Zustände" von zumeist ausgedehnten Netzwerken von Nervenzellen, die sich überlappen können. Schäden müssen daher keineswegs immer die ganze Erinnerung und die gesamte Information und Funktion betreffen. Aber sie können auch Assoziationen auslöschen. Selbst wenn die Rekonstruktion von strukturellen Schäden des Gehirns möglich würde, wären viele Inhalte und Funktionen mit der untergegangenen alten Struktur unwiederbringlich verloren. Wegen der für unser Ich so zentralen Funktionen des Gehirns bedeutet die fehlende Regenerationsfähigkeit auch, dass gerade das Organ, das die psychologische Verarbeitung des Problems leisten könnte, miterkrankt ist. Denn das Gehirn erkrankt nicht wie andere Organe rein „körperlich", sondern gewissermaßen per definitionem immer auch auf „psychischer" Ebene.

Transplantationen und Zellzucht

Die Vorstellung, dass man das, was das Gehirn aus eigener Kraft nicht zu Wege bringt, durch Ersatz der untergegangenen Zellen von außen bewerkstelligen könnte, mutet nach dem Gesagten relativ abenteuerlich an. Attraktiv ist der Gedanke,[4] aber je diffuser das Problem, je umfänglicher und verstreuter das Gehirn von einer Schädigung betroffen ist und je länger der entsprechende Prozess seine schädigende Wirkung ausüben konnte, desto schwieriger wird es, durch einen Ersatz untergegangener Zellen das Defizit aufzufangen. Bei Demenzen wie der Alzheimer'schen Erkrankung ist kaum vorstellbar, wie die untergehende Struktur *insgesamt* ersetzbar wäre.

Je umschriebener der Schaden und je einfacher die Funktion jedoch ist, desto plausibler erscheint eine direkte Zellersatztherapie. Die Parkinsonkrankheit ist das Paradebeispiel für eine chronische Erkrankung des Gehirns, die durch Zellersatztherapie behandelbar ist. Denn beim Morbus Parkinson ist zunächst nur eine spezifische Gruppe von Nervenzellen betroffen, deren Untergang einen klar definierten Regelkreis stört, sodass bestimmte Aspekte der Bewegungssteuerung nicht mehr funktionieren: Die Patienten zeigen die bekannte Trias von zittrigen Bewegungen (Tremor), Zähigkeit der Bewegungen (Rigor) und der Hemmung, Bewegung initiieren zu können (Akinese). Diese komplexe Störung ist durch die Gabe des fehlenden Botenstoffes Dopamin, den die zugrundegegangenen Nervenzellen ausschütteten, prinzipiell behandelbar: Die Wirkung lässt aber oft, manchmal bis zur kompletten Wirkresistenz, nach. Solchen Patienten kann mit einer Transplantation von dopaminergen (Dopamin hervorbringenden) Zellen geholfen werden, wie in diversen Fällen schon gezeigt wurde.[5] Interessanterweise können dabei die gleichen Nebenwirkungen auftreten, die man auch von der medikamentösen Behandlung kennt: überschießende Bewegungen (Dyskinesien). Eine Zellersatztherapie will daher gut abgewogen sein. Sie ist darüber hinaus extrem aufwendig, was vor allem daran liegt, dass es

[4] Vgl. O. Lindvall/Z. Kokaia, Stem cells for the treatment of neurological disorders, in: Nature, 441 (2006) 7097, S. 1094–1096.

[5] Vgl. C.R. Freed et al., Transplantation of embryonic dopamine neurons for severe Parkinson's disease, in: The New England Journal of Medicine, 344 (2001) 10, S. 710–719; O. Lindvall et al., Transplantation in Parkinson's disease: two cases of adrenal medullary grafts to the putamen, in: Annals of Neurology, 22 (1987) 4, S. 457–468.

nicht trivial ist, transplantierbare Zellen zu gewinnen. Bislang hat man Hirnzellen von abgetriebenen Föten verwendet, was neben ethischen und politischen auch viele praktische und logistische Probleme schuf, die es unwahrscheinlich machen, dass diese Quelle für transplantierbare Zellen je für viele Patienten in Frage kommt.

Hier stellen Stammzellen einen besseren Ausgangspunkt dar, weil sie prinzipiell beliebig vermehrbar sind. Eines der realistischsten Ziele für die therapeutische Anwendung embryonaler Stammzellen liegt in der Herstellung dopaminerger Nervenzellen, die anstelle der fetalen Zellen eingesetzt werden könnten. Es hat in den vergangenen Jahren große Fortschritte bei Techniken gegeben, embryonale Stammzellen in dopaminerge Nervenzellen zu differenzieren. Man bedient sich dabei einer Abfolge von Zugaben zu den Nährflüssigkeiten der Zellkultur, die den Faktoren entsprechen, denen dopaminerge Zellen auch während ihrer Entwicklung im Organismus ausgesetzt sind.[6] Zelluläre Entwicklung ist immer eine Sequenz von inneren molekularen Zuständen der Zelle und Wechselwirkungen mit der Umgebung. Zuletzt gilt es zu zeigen, dass die gebildeten Zellen auch „wirklich" die gewünschten Nervenzellen sind. Das ist keineswegs trivial, und es hat viele Enttäuschungen gegeben, als Nervenzellen, die in der Zellkultur als eindeutig „dopaminerg" erschienen, nach der Transplantation nur unzureichend funktionierten. Dennoch ist anzunehmen, dass hier eher früher als später ein Durchbruch erfolgen wird und man transplantierbare Zellen zur Verfügung haben wird. Aber auch dann ist man noch nicht am Ziel, denn die Entwicklung klinischer Routinen, die den praktischen Einsatz der Zelltherapie beim Morbus Parkinson erlauben, wird ebenfalls äußerst aufwendig sein. Die Resultate der Heilversuche mit fetalen Zellen legen nahe, dass nur ein Teil der Patienten von einer Zelltherapie profitieren wird.

Zelltherapie steht angesichts des zu betreibenden Aufwands und möglicherweise auch wegen zum Teil noch zu eruierender Risiken in Konkurrenz zu anderen Verfahren. Viele Parkinsonpatienten sind medikamentös gut behandelbar, und therapierefraktäre Fälle sprechen oft gut auf die so genannte Tiefenhirnstimulation an. Dabei werden analog zum Vorgehen bei einem Herzschrittmacher Elektroden ins Gehirn gelegt, die die pathologische Erregung, die beim Morbus Parkinson zu den störenden Bewegungen von Tremor und Rigor führt, unterbinden. Die Zellersatztherapie tritt also gegen eine oft wirksame und weniger invasive Therapieform an. Die Zeit wird zeigen, welche Behandlung überlegen ist; wahrscheinlich haben beide ihre Vorzüge und Anwendungsbereiche, die es zu erkennen und zu beschreiben gilt. Diese Tatsache spricht nicht gegen die Forschung an Zellersatztherapien, sondern warnt nur davor, dass auch diese keine Wundermittel sind. Zum Beispiel zeichnet sich ab, dass Patienten, die vorrangig unter Tremor leiden und bei denen die anderen Symptome geringer ausgeprägt sind, mehr von Zelltherapie und auch Tiefenhirnstimulation profitieren als solche, bei denen Antriebsarmut und Bewegungshemmung im Vordergrund stehen.

Es gibt weitere neurologische Erkrankungen, die mit Zelltherapie behandelbar werden könnten. Hierzu gehört die Chorea Huntington, bei der ebenfalls eine umschriebene Zellpopulation betroffen ist, für die es jedoch anders als beim Morbus Parkinson keine alternativen Therapien gibt. Klinische Studien mit fetalen Zellen deuten ein uneinheitliches Bild an.[7] Zellersatz wird auch immer wieder für die Multiple Sklerose diskutiert, bei der zunächst nicht vorrangig Nervenzellen, sondern die Oligodendrozyten betroffen sind, also Zellen, die eine Isolierschicht bereitstellen, die ganz buchstäblich Kurzschlüsse zwischen Nervenzellen verhindert. Da allerdings die Multiple Sklerose, genauso wie der Morbus Alzheimer, eine diffuse Hirnerkrankung ist, bei der keine bevorzugte Lokalisation des Zelluntergangs und damit der zu ersetzenden Zellen feststellbar ist, erscheint dieser Ansatz wenig realistisch.

Ein wichtiges Missverständnis zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit in diesem Zusammenhang kommt dadurch zustande, dass Transplantation ein wichtiges Mittel zur

[6] Vgl. E. Arenas, Engineering a dopaminergic phenotype in stem/precursor cells: role of Nurr1, glia-derived signals, and Wnts, in: Annals of the New York Academy of Sciences, 1049 (2005), S. 51–66.

[7] Vgl. S.B. Dunnett/A.E. Rosser, Stem cell transplantation for Huntington's disease, in: Experimental Neurology, 203 (2007) 2, S. 279–292.

Erforschung der Frage ist, ob ein Phänomen auf einer Eigenschaft der Zelle selbst beruht oder durch die Umgebung herbeigeführt wird. Solche entwicklungsbiologischen Fragen sind im Kontext von Erkrankungen sehr relevant. Diese Forschung hat aber mit Zellersatz nichts oder nur sehr mittelbar zu tun. Entsprechende Berichte deuten also nicht unbedingt auf klinisch bedeutsame Ergebnisse im Hinblick auf „Regeneration" hin.

Grundsätzlich gilt für Zellersatz, dass 1) die Risiken nicht größer als die möglichen Nutzen sein dürfen, 2) die transplantierten Zellen nicht der gleichen Erkrankung anheim fallen dürfen, die schon die ursprünglichen Zellen dezimiert hat, und die neuen Zellen also gegenüber den alten einen Vorteil besitzen müssen und 3) die Behandlung nicht auf Wiederholungen angewiesen ist, um erfolgreich zu sein. Hinzu kommt, dass man eine Zelltherapie praktisch nicht rückgängig machen kann.

Unterstützende Zelltherapie

Wenngleich also Zellersatz im Gehirn mutmaßlich eine eher untergeordnete Rolle bei der Lösung der drängenden medizinischen Fragen vor allem einer alternden Gesellschaft spielen wird, so könnte es doch sein, dass eine andere Form der Zelltherapie, bei der nichts ersetzt wird, sehr hilfreich sein wird.

Die größte Quelle für Stammzellen im Organismus ist das Knochenmark, in dem Stammzellen lebenslang neue Blutzellen produzieren. Um die Jahrtausendwende sah es eine Zeitlang so aus, als ob sich das Potenzial der Stammzellen des Knochenmarks darin nicht erschöpfte. Eine Serie von Aufsehen erregenden Berichten schien nahe zu legen, dass aus Knochenmark auch Gehirn entstehen könnte. Nach einer Knochenmarktransplantation fand man im Gehirn des Empfängers Nervenzellen mit Merkmalen des Spenders. Am einfachsten ist dies in dem Fall zu beobachten, in dem eine Frau zur Behandlung einer Leukämie Knochenmark eines Mannes transplantiert bekommen hat. Dann finden sich nämlich im Gehirn der Frau Nervenzellen mit Y-Chromosomen, dem männlichen Geschlechtschromosom, wieder.[8]

Auch im Tierversuch wurde das Phänomen beschrieben und ausführlich untersucht. Man nennt das Phänomen „Transdifferenzierung": Die Blutstammzellen differenzierten offenbar entlang einer Entwicklungslinie, hier der des Nervensystems, die ihnen „eigentlich", nach allen Regeln der Entwicklungsbiologie, gar nicht zustand. Waren diese Regeln obsolet geworden? Es stellte sich heraus, dass Transdifferenzierung nicht oder nur extrem selten vorkommt. Vielmehr neigen die transplantierten Blutzellen dazu, mit verschiedenen (jedoch keineswegs allen Arten von) Körperzellen des Empfängers zu verschmelzen.[9] Solche Fusionen erklären die Befunde zur angeblichen Transdifferenzierung. Sie ist selbst ein hoch interessantes biologisches Phänomen, aber freilich nicht das Gleiche wie echte Transdifferenzierung. Dennoch setzen einige Forscher darauf, die Fusion selbst zur Herbeiführung von Regeneration zu nutzen.

Die Experimente zur Transdifferenzierung waren mitunter von einem eindrucksvollen therapeutischen Erfolg begleitet. In manchen Studien war dieser Effekt sogar viel größer, als er durch die geringe Zahl der scheinbar transdifferenzierten Zellen erklärbar gewesen wäre. Auch als man nach Hinweisen aus Tierversuchen begann, Patienten mit einem Herz- oder Hirninfarkt Blutstammzellen zu verabreichen, fanden sich Verbesserungen, die nicht durch Transdifferenzierung erklärbar waren.[10] Man ist hier einem komplexen, bislang noch wenig verstandenen Phänomen auf der Spur. In gewissem Maße scheinen Stammzellen aus dem Knochenmark die Regeneration zu fördern oder zumindest das Fortschreiten der Erkrankung zu hemmen. Ein Teil dieses Prinzips könnte darin liegen, dass die implantierten Zellen zur Neubildung von Gefäßen beitragen und damit die Durchblutung des Gewebes sicherstellen. Allerdings scheint

[8] Vgl. E. Mezey et al., Transplanted bone marrow generates new neurons in human brains, in: Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 100 (2003) 3, S. 1364–1369.

[9] Vgl. M. Alvarez-Dolado et al., Fusion of bone-marrow-derived cells with Purkinje neurons, cardiomyocytes and hepatocytes, in: Nature, 425 (2003) 6961, S. 968–973.

[10] Vgl. M. Chopp/Y. Li, Transplantation of bone marrow stromal cells for treatment of central nervous system diseases, in: Advances in Experimental Medicine and Biology, (2006) 585, S. 49–64; V. Schachinger et al., Intracoronary bone marrow-derived progenitor cells in acute myocardial infarction, in: The New England Journal of Medicine, 355 (2006) 12, S. 1210–1221.

dieser Mechanismus im Gehirn weniger relevant zu sein als im Herzmuskel. Im Gehirn könnten dagegen so genannte „neurotrophe“ Faktoren, also Moleküle, die das Überleben, die Funktion und die Anpassungsfähigkeit von Nervenzellen fördern, von den Knochenmarkzellen freigesetzt werden.

Noch interessanter, aber ebenfalls noch unbewiesen, ist die Idee, dass der zu Grunde liegende Mechanismus ein immunologischer sein könnte. Die transplantierten Zellen könnten die Kommunikation, die normalerweise zwischen dem Immun- und dem Nervensystem besteht, verstärken. Da Immunzellen, zum Beispiel Lymphozyten, ebenfalls von Knochenmark abstammen, ist dies plausibel. Noch verblüffender war der Befund einer italienischen Arbeitsgruppe, nach dem derartige immunologische, regenerationsfördernde Aktivitäten auch von transplantierten Vorläufern von Nervenzellen ausgehen können.[11] Auch das ist weniger verrückt, als es zunächst klingen mag, denn eine der Differenzierungslinien von Hirnzellen umfasst die so genannten Astrocyten („Sternzellen“), die im Gehirn diverse Funktionen von Lymphozyten zu übernehmen scheinen.

Die modulierende oder unterstützende Zelltherapie erfordert noch umfangreiche Forschung. Manch einer ist wegen des geringen Risikos geneigt, Patienten mit Schlaganfall auch ohne Kenntnis des genauen Mechanismus mit Knochenmarkstammzellen zu behandeln. Die Ergebnisse sind allerdings nicht so überwältigend, dass dieses „Schrotschussverfahren“ auf Dauer sinnvoll und wirtschaftlich erscheint.

Regeneration von innen

Eine unterstützende Zelltherapie hat mit der Idee eines klassischen Zellersatzes nur wenig gemeinsam. Es werden nicht die „Hauptdarsteller“, also die betroffenen Nervenzellen, ersetzt. Dies limitiert natürlich die Reichweite des Ansatzes. Unterstützende Zelltherapie steht näher bei konventionellen, zum Beispiel medikamentösen Ansätzen, um Regeneration zu aktivieren, als bei der Idee, verlorenes Gewebe wirklich zu ersetzen. Entsprechend abwertend wird dieser Ansatz mitunter betrachtet.

Der fundamentale Unterschied zur Medikamentenbehandlung liegt aber in der Tatsache, dass mit der Transplantation einer Zelle eine biologisch hochgradig komplexe Einheit eingesetzt wird, die anders als ein isolierter Faktor auf sehr vielfältige Weise in den Regenerationsprozess eingreifen könnte. Der zweite Punkt aber ist der, dass die ursprüngliche, sehr pessimistische Einschätzung, im Gehirn könne nichts regenerieren, so pauschal nicht haltbar ist. Die beschränkte Regenerationsfähigkeit des Gehirns von Säugetieren, die durchaus vorhanden ist, scheint vielmehr schnell überfordert zu werden, wenn entweder der akute Schaden zu groß oder die chronische Schädigung frühzeitig die Träger der zarten Regeneration erfasst. Gerade im letzteren Fall aber könnten Strategien, die auf „Hilfe zur Selbsthilfe“ zielen, erfolgreich sein, wenn sie frühzeitig eingriffen.

„Niedere“ Tiere stellen Menschen und Säugetiere im Hinblick auf die Regenerationsfähigkeit des Gehirns in den Schatten. Das berühmteste Beispiel sind Salamander und Lurche, denen man Arme und Beine abtrennen kann und sie dann vollständig nachwachsen sieht. Auch der Schwanz, der den unteren Teil des Rückenmarks und damit einen Teil des Gehirns enthält, kann komplett regenerieren. Auch im zentralen Nervensystem des Salamanders und zum Beispiel von Fischen und Vögeln gibt es eine lebenslange, eindrucksvolle Regenerationsfähigkeit.

Man hat argumentiert, dass der evolutionäre Gewinn der ungeheuerlichen Leistungsfähigkeit des menschlichen Gehirns nur zu dem Preis des Verlusts der Regenerationsfähigkeit zu haben gewesen sei. Im Abwägen zwischen Stabilität des Netzwerks und seiner Regenerationsfähigkeit habe sich das menschliche Gehirn für Stabilität „entschieden“. Ist das wirklich so? Oder können wir unter Umständen von Lurchen und Fischen lernen, wie das Gehirn regenerieren könnte? Es müsste ja nicht gleich der Assoziationskortex mit seiner beim Menschen unvergleichlichen Komplexität sein. Auch ein regenerierendes Rückenmark wäre ein wichtiges Ziel. Querschnittslähmungen entstehen durch Verletzungen des Rückenmarks und betreffen sehr oft junge, aktive Menschen. In Deutschland ist die

[11] Vgl. S. Pluchino et al., Injection of adult neurospheres induces recovery in a chronic model of multiple sclerosis, in: Nature, 422 (2003) 6933, S. 688–694.

Lobby dieser Patienten verhältnismäßig wenig präsent, aber in den USA ist das ganz anders, nicht zuletzt durch das Engagement des früheren Superman-Darstellers Christopher Reeve, der nach einem Reitunfall querschnittsgelähmt war. Das Besondere an der Rückenmarksverletzung ist, dass sie vor allem Nervenbahnen, also die langen Fortsätze der Nervenzellen, die von der Hirnrinde bis tief ins Rückenmark (oder in umgekehrter Richtung) reichen, betrifft. Diese langen Bahnen einmal ersetzen zu können, ist zwar unwahrscheinlich. Zellersatz könnte aber bei Querschnittslähmung eine Rolle dabei spielen, das Überleben geschädigter, aber noch nicht untergegangener Nervenfasern zu sichern und ihr Wiederaussprossen zu steigern.

Schon die nach der Verletzung, die meist eine Quetschung ist, noch vorhandenen Bahnen vor weiterem Schaden zu schützen und ihre Funktion wiederherzustellen, ist ein lohnendes Ziel. Unsere Ambitionen dürfen also bescheidener sein als beim Salamander: Schon die Wiederherstellung einzelner Funktionen kann die Lebensqualität sehr stark verbessern. Das gilt vor allem für die Wiederherstellung der Darm- und Blasenfunktion, die auch vom Rückenmark abhängen.

Eine Regeneration von Nervenfasern ist außerhalb des Zentralnervensystems (zu dem auch das Rückenmark gehört) in beeindruckendem Maße möglich. Die Nerven, die vom Rückenmark in die Peripherie von Armen und Beinen führen, können recht gut regenerieren, solange gewisse Leitstrukturen erhalten geblieben sind. Diese Diskrepanz hat die Wissenschaft früh irritiert und angestachelt. Dabei fand man durch Transplantationsexperimente heraus, dass zentrale Nervenfasern in der Peripherie durchaus zur Regeneration in der Lage waren, während periphere Nerven im zentralen Nervensystem nicht regenerieren konnten. Das legte nahe, dass die Regeneration von Nervenbahnen im Zentralnervensystem aktiv gehemmt wird. Das mag angesichts der Komplexität des Gehirns sogar sinnvoll sein, um unter normalen Bedingungen „Wildwuchs“ zu verhindern, im Falle von Pathologie aber ist diese Hemmung von Nachteil. Eine besondere Rolle spielt ein Faktor, den man passenderweise „Nogo“ (vom Englischen *no go*, frei übersetzt: „Kein Durchgang“) genannt hat.[12] Hemmt man Nogo seinerseits, wird manche Regeneration möglich. Die Kunst liegt darin, die Wirkung solcher Hemmer zu steuern und zu begrenzen, sodass eine klinische Anwendung praktikabel wird.

Adulte Neurogenese

Eine fundamentale Veränderung im Blick auf die „Regenerationsfähigkeit“ des Gehirns erfolgte, als die adulte Neurogenese, die Nervenzellneubildung im erwachsenen Gehirn, in den frühen 1990er Jahren wiederentdeckt wurde. Die Erstbeschreibung 1965 durch Joseph Altman[13] und einige nachfolgende Bestätigungen hatten es nicht über den Rang wissenschaftlicher Kuriositäten hinausgebracht, da zum einen nicht plausibel schien, woher neue Nervenzellen kommen sollten, zum andern wegen ihrer geringen Zahl und örtlichen Beschränkung auf nur zwei Hirnareale ein relevanter Beitrag zur Hirnfunktion unwahrscheinlich schien. Letzteres begann sich zu ändern, als in den 1980er Jahren Fernando Nottebohm und Mitarbeiter von der Rockefeller Universität in New York zeigten, dass bei Kanarienvögeln adulte Neurogenese mit der Zeit des jährlichen Liederlernens korreliert.[14] Wir Menschen teilen nur mit Vögeln (und Delfinen), dass wir unsere Lautäußerungen erlernen müssen. Diese „menschliche“ Funktion neuer Nervenzellen beim Vogel traf gewissermaßen einen Nerv – und das, obwohl uns Menschen die neurogene Hirnregion der Kanarienvögel fehlt. Nottebohm zeigte später aber auch, dass ein ähnlicher Zusammenhang zwischen Neurogenese und Funktion bei Vögeln zu finden war, die im Sommer Futterverstecke anlegen (oft viele tausend) und sich deren Lokalisation merken müssen, um sie im Winter wiederzufinden.[15]

[12] Vgl. A.D. Buchli/M.E. Schwab, Inhibition of Nogo: a key strategy to increase regeneration, plasticity and functional recovery of the lesioned central nervous system, Annals of Internal Medicine, 37 (2005) 8, S. 556–567.

[13] Vgl. J. Altman/G.D. Das, Autoradiographic and histologic evidence of postnatal neurogenesis in rats, in: The Journal of Comparative Neurology, 124 (1965), S. 319–335.

[14] Vgl. S.A. Goldman/F. Nottebohm, Neuronal production, migration and differentiation in a vocal control nucleus of the adult female canary brain, in: Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 80 (1983), S. 2390–2394.

[15] Vgl. A. Barnea/F. Nottebohm, Recruitment and replacement of hippocampal neurons in young and adult

Hier besitzen auch Menschen die entsprechende Hirnstruktur.

Der Durchbruch in der Akzeptanz adulter Neurogenese erfolgte, als man 1992 bis 1995 in beiden neurogenen Hirnregionen des erwachsenen Gehirns Stammzellen entdeckte, die Nervenzellen hervorbringen konnten.[16] Die beiden Regionen liegen im Vorder- und Riechhirn und im Hippocampus, der von besonderem Interesse ist, da er zentral in Lern- und Gedächtnisvorgängen involviert ist. Damit war das Rätsel des Ursprungs der neuen Zellen gelöst. Mittlerweile gibt es verschiedene Theorien, wie selbst die relativ wenigen neu gebildeten Nervenzellen im Hippocampus angesichts ihrer strategisch so bedeutsamen Lokalisation eine funktionelle Relevanz für Lernen und Gedächtnis haben könnten. Die neuen Nervenzellen tragen mutmaßlich dazu bei, dass sich der Hippocampus lebenslang an die Herausforderungen einer sich ständig ändernden Umwelt anpassen kann. Umgekehrt gibt es Theorien, wie eine gestörte adulte Neurogenese im Hippocampus zur Entstehung von chronischen neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen, insbesondere den Demenzen und der Depression, beitragen könnte.

Bemerkenswerterweise ist adulte Neurogenese im Hippocampus durch körperliche und kognitive Aktivität steigerbar.[17] Dies alles legt nahe, dass „Aktivität“ die Plastizität des Hippocampus erhält. Wer aktiv lebt, erhielte sich somit das Potenzial für eventuell notwendige Anpassungsvorgänge im Alter. Man baute sich durch ein aktives und reizreiches Leben gewissermaßen eine Reserve auf, von der sich zehren ließe.[18] Die neuen Nervenzellen könnten dadurch zu dem gut beschriebenen aber noch kaum verstandenen Phänomen beitragen, dass Menschen, die lebenslang körperlich und geistig aktiv sind, ein etwas reduziertes Risiko haben, eine Demenz zu entwickeln. Adulte Neurogenese im Hippocampus hätte also zunächst mit Regeneration nichts zu tun. Dennoch wäre sie ein Faktor, der möglicherweise entscheidend zur funktionellen Kompensationsfähigkeit bei Schädigungen des Gehirns beiträgt. Die Wirkung wäre also eher präventiv.

Allerdings wurde auch gezeigt, dass es bei experimentell ausgelösten Schlaganfällen bei Ratten zu einer Auswanderung von Vorläuferzellen („Stammzellen“) aus der Wand der Hirnkammern in den von der Durchblutungsstörung betroffenen „Streifenkörper“ (Striatum) kommen kann und dass sich aus diesen auswandernden Zellen, allerdings in geringer Zahl, neue Nervenzellen bilden können.[19] Man knüpft Hoffnungen daran, diese „reaktive Neurogenese“ vielleicht auch beim Menschen zur Therapie einsetzen zu können. Der Vorgang ist aber wohl eine Ausnahme: Bei anderen Schädigungen, wie zum Beispiel experimentellen Hirntumoren, findet man eine ähnliche Wanderung der Zellen, aber keine Neurogenese.[20] Auch hier erhob man einen überraschenden Befund: Die wandernden Vorläuferzellen zeigten eine Wirkung gegen den Tumor selbst. Auch hier schienen die Zellen also eine Art Immunfunktion auszuüben. Die Wirkung war selbst im Tierversuch zu gering, um Hoffnungen auf eine unmittelbare Ausnutzung des Phänomens für therapeutische Zwecke realistisch erscheinen zu lassen, aber er deutete erneut an, dass auch im erwachsenen Gehirn regenerative Prozesse ablaufen, die bis vor Kurzem als unvorstellbar galten. Wie man diese Erscheinungen in medizinischen Nutzen verwandeln kann, bleibt Gegenstand intensiver und schwieriger Forschung. Niedrig hängende Früchte sind dies nicht. Aber sie haben den unschätzbaren

chickadees: An addition to the theory of hippocampal learning, in: Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 93 (1996), S. 714–718.

[16] Vgl. T.D. Palmer/J. Ray/F.H. Gage, FGF-2-responsive neuronal progenitors reside in proliferative and quiescent regions of the adult rodent brain, in: Molecular and Cellular Neuroscience, 6 (1995) 5, S. 474–486; B.A. Reynolds/S. Weiss, Generation of neurons and astrocytes from isolated cells of the adult mammalian central nervous system, in: Science, 255 (1992) 5052, S. 1707–1710.

[17] Vgl. K. Fabel/G. Kempermann, Physical activity and the regulation of neurogenesis in the adult and aging brain, in: Neuromolecular Medicine, 10 (2008) 2, S. 59–66.

[18] Vgl. G. Kempermann, The neurogenic reserve hypothesis: what is adult hippocampal neurogenesis good for?, in: Trends in Neurosciences, 31 (2008) 4, S. 163–169.

[19] Vgl. A. Arvidsson/T. Collin/D. Kirik/Z. Kokaia/O. Lindvall, Neuronal replacement from endogenous precursors in the adult brain after stroke, in: Nature Medicine, 8 (2002) 9, S. 963–970.

[20] Vgl. R. Glass et al., Glioblastoma-induced attraction of endogenous neural precursor cells is associated with improved survival, in: The Journal of Neuroscience, 25 (2005) 10, S. 2637–2646.

Vorteil, auf den Potenzialen des betroffenen Organismus selbst aufzubauen. Adulte Neurogenese ist auch aus einem weiteren Grund ein interessanter Forschungsgegenstand. Hier macht uns die Natur vor, was bei vielen Zellersatzstrategien erst versucht wird: wie man aus Stammzellen unter den Bedingungen des erwachsenen Gehirns neue Nervenzellen generieren kann.

Schlussfolgerungen

Die geringe spontane Regenerationsleistung des Gehirns stellt die „Regenerative Medizin", die sich der Verbesserung dieser Situation verschrieben hat, vor große Herausforderungen. Neben Zellersatzstrategien, die wahrscheinlich im Falle des hochgradig komplex aufgebauten Gehirns in ihrer Bedeutung begrenzt sein werden, spielen vor allem Ansätze eine Rolle, die auf Weckung oder Steigerung des vorhandenen, aber unzureichenden Potenzials zur Selbstheilung setzen.

Daneben verfolgt man die Idee, die Kompensationsfähigkeit des Gehirns angesichts drohender funktioneller Defizite zu erhalten oder zu steigern und so die vorhandene „Plastizität" zur Schaffung einer Art Pufferkapazität zu nutzen. Adulte Neurogenese, die Neubildung von Nervenzellen im erwachsenen Gehirn, wirkt primär nicht regenerativ, sondern könnte, zumindest im Zusammenhang von Lern- und Gedächtnisvorgängen und ihren Störungen, zur Schaffung solcher Spielräume (einer „neurogenen Reserve") beitragen.

In jedem Falle zeigt sich, dass die Verbesserung der Regenerationsfähigkeit des Gehirns weit über gradlinige, konventionelle Ansätze im Sinne einer „Reparatur" hinausdenken muss. Regenerative Medizin ist ein transdisziplinärer Ansatz, der im Falle des Gehirns wegen dessen unübertroffener Komplexität auch die „Systembiologie" und die computationalen Neurowissenschaften, also jene Zweige der Wissenschaft, die sich mit solcher Komplexität beschäftigen, einschließt. Die Aussichten sind erheblich weniger pessimistisch, als man lange annehmen musste. Unter „Regeneration" mag sich im Falle des Gehirns dennoch einiges verbergen, das unserem intuitiven und konventionellen Verständnis dieses Begriffes nicht entspricht.

Farah Dustdar

Demokratie und die Macht der Gefühle

Gefühle spielen bei demokratischen Entscheidungen eine viel wichtigere Rolle, als wir bisher geglaubt haben. In der politischen Theorie wird Gefühlen indes kein hoher Stellenwert zugewiesen. Die Demokratie vertraut auf die Verstandeskraft der politischen Akteure. *Homo rationalis*, das ideale Subjekt der neuzeitlichen Sozialwissenschaften, symbolisiert einen Menschen, der seine Gefühle und Neigungen weitgehend im Griff hat und sich von „zweckrationalen" Erwägungen leiten lässt. Dieses Bild eines rein rational denkenden und handelnden Menschen ist durch die neuen Erkenntnisse der Hirnforschung widerlegt worden. Die alte Forderung der Politik, Gefühle zu unterdrücken und den Verstand walten zu lassen, ist nach Auffassung von Neurobiologen rein physiologisch nicht möglich.

Farah Dustdar
Dr. phil., geb. 1948;
Politikwissenschaftlerin und Schriftstellerin,
59, Boulevard Prince Felix,
1513 Luxemburg-Kirchberg/
Luxemburg.
farah.dustdar@gmail.com

Denn in Wirklichkeit sind Verstand und Gefühl immer untrennbar miteinander verwoben. Das Gefühl ist in das Denken eingebunden. Daher ist die Frage, ob ein Verhalten rational oder emotional zu begründen sei, falsch gestellt: Es besteht kein Verdrängungs- oder Wettbewerbsverhältnis zwischen Verstand und Gefühl, sondern ein Ergänzungsverhältnis. Es geht nicht um die Dualität von Verstand und Gefühl, von *ratio* und *emotio*, sondern vielmehr darum, welches Gefühl die Bedingung der Möglichkeit der jeweiligen rationalen Entscheidung ist und diese fördert. Die Mechanismen der Rationalität vermögen ohne Gefühle nicht zu funktionieren. Emotionale Regungen leiten uns jede Sekunde, auch wenn wir politisch rational entscheiden und handeln.

Im Bereich der Emotionsforschung kam der Durchbruch etwa Mitte der 1990er Jahre mit der Entwicklung der bildgebenden Methoden der neurobiologischen Forschung. Seither können Wissenschaftler die dynamischen Prozesse im Gehirn eines gesunden, lebenden Menschen bildlich erfassen und ihm sozusagen beim Denken zusehen. Der Emotionsboom in der Neurobiologie beeinflusst auch andere Bereiche der Wissenschaft.

Im alltäglichen Sprachgebrauch sind Emotionen und Gefühle identische Begriffe. Unter dem Mikroskop der kognitiven Neurowissenschaft sind Emotionen Akte oder Bewegungen, die sich größtenteils öffentlich und sichtbar abspielen und von kurzer Dauer sind, während Gefühle als andauerndes Phänomen immer verborgen und an erster Stelle für ihren Besitzer erkennbar sind. Emotionen treten auf der Bühne des Körpers auf, Gefühle auf der Bühne des Geistes.[1]

Die Natur des Menschen – ein neues Denkmodell

Die Ökonomie als Mutterdisziplin der Rationalitätskonzepte stand vor allen anderen Sozialwissenschaften in Wechselwirkung zur Hirnforschung. Die Tatsache, dass Ökonomen manche Verhaltensweisen des Menschen in wirtschaftlichen Entscheidungssituationen nicht erklären konnten, obwohl die Theorien in anderen Situationen stimmig waren, hat die Arbeitsgruppe um den Neurowissenschaftler Jonathan D. Cohen aus Princeton zu einer Reihe von Experimenten veranlasst, die in der Literatur als Ultimatum-Spiel bekannt ist. Ihre Untersuchungen haben die wichtige Rolle der emotionalen Prozesse bei scheinbar rein rationalen Entscheidungen deutlich gemacht. Die bildgebenden Verfahren zeigen während des Experiments, wie z. B. das Gefühl, ungerecht behandelt zu sein, die Schmerzzentren im Gehirn der Versuchspersonen aktiviert und diese zu rational nicht erklärbaren Verhaltensweisen veranlasst. Die neue *Behavioral Finance* kann heute das Verhalten von Menschen am Kapitalmarkt besser erklären als jede strenge Rationalitätstheorie.

[1] Vgl. Eva Maria Engelen, Gefühle, Stuttgart 2007, S. 8 ff.; Antonio R. Damasio, Der Spinoza-Effekt. Wie Gefühle unser Leben bestimmen, Berlin 2006, S. 38.

Emotionale Regungen besitzen vor allem Erklärungskraft bei Kursschwankungen und ökonomischen Krisen. Die Verleihung des Nobelpreises für Ökonomie im Jahre 2002 an zwei Pioniere der verhaltensorientierten Wirtschaftswissenschaft, Daniel Kahneman von der Universität Princeton und Vernon Smith von der George-Mason Universität in Virginia, ist ein Beweis dafür. Die Preisträger haben experimentell erklärt, warum Wirtschaftssubjekte ständig vom Gebot der Rationalität abweichen, wie sich der Mensch seine komplizierte Umwelt handhabbar macht und wie er dabei die Gesetze der Ökonomie in den Wind schlägt. Seither bezweifeln viele Wirtschaftswissenschaftler den Sinn ihres eigenen rationalistischen Wirtschaftssubjekts, welches seit Adam Smith ihre Theorien geprägt hat. Der *homo oeconomicus*, das Menschenbild der *Rational-Choice*-Theorien, zeigt sich nur noch als eine Momentaufnahme im Leben eines Menschen. Nur manche Menschen in manchen Situationen entscheiden nach Rationalitätskriterien.

Mit dem Menschenbild verändern die Ökonomen allmählich ihre Weltsicht. Auf diesem Gebiet hat die Revolution bereits begonnen. Welche Konsequenzen würde dieser Perspektivenwechsel für die politische Theorie und Praxis haben – unter der Berücksichtigung der Tatsache, dass die politische Theorie sich seit dem 17. Jahrhundert am rationalen Menschenbild der Wirtschaftswissenschaft orientiert?

Die Funktion der Gefühle bei rationalen Entscheidungen

Eine rationale Entscheidung (*rational choice*) läuft nach folgendem Schema ab: Das Gehirn eines „normalen“, intelligenten und gebildeten Erwachsenen stellt sich rasch Szenarien denkbarer Reaktionsmöglichkeiten mit entsprechenden Ergebnissen vor. Er untersucht dann die Szenarien und unterzieht jede einzelne einer Kosten-Nutzen-Analyse, um seine Vorteile zu maximieren. In der Regel steht mehr als eine Alternative zur Verfügung. Selbst wenn es nur zwei Wahlmöglichkeiten gäbe, wäre die Abschätzung der Vor- und Nachteile nicht leicht, weil das genaue Ausmaß der unmittelbaren und zukünftigen Gewinne oder Verluste kaum erkennbar ist. Dafür müssen die Größenordnung und der zeitliche Rahmen abgeschätzt werden können.

Diese Überlegungen münden in eine komplizierte Berechnung, die verschiedene imaginäre Zeiträume erfasst und zu Verästelungen führt. Es ist schwierig, die vielen Gegenüberstellungen von Verlusten und Gewinnen, die man vergleichen möchte, im Gedächtnis zu behalten. Das Gehirn verliert die Spuren, sobald sie sich verzweigen. Selbst wenn wir Papier und Bleistift bereitstellen, können schlussfolgernde Strategien fehlschlagen. Eine Kosten-Nutzen-Rechnung bei komplexen Entscheidungen wird logischerweise viel Zeit in Anspruch nehmen, weit mehr, als etwa einem Manager meist zur Verfügung steht.

In der Realität folgen die Wirtschaftssubjekte kaum den oben genannten Schritten und entscheiden selten nach dem Modell der rationalen Erwartungen. Trotzdem trifft das menschliche Gehirn in der Wirtschaft und im Alltag ständig komplexe Entscheidungen – und zwar in kurzer Zeit, manchmal sekundenschnell. Die Tatsache, dass solche raschen Beschlüsse nicht unbedingt fehlschlugen und ab und zu von Erfolg gekrönt waren, führte die Verhaltensforscher zu der Überlegung, es könnte eine andere Erklärung geben.

Die Ergebnisse neuer Experimente in der Hirnforschung deuten auf folgende Abläufe bei einem Entscheidungsprozess hin: Die Schlüsselelemente einer Entscheidung entfalten sich in unserer Vorstellung gleichzeitig und so schnell, dass Einzelheiten nur schwer herauszuarbeiten sind. Bevor ein erwachsener Mensch mit rationalen Überlegungen beginnt und die Prämissen einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzieht, geschieht ein wichtiger Vorgang in seinem Gehirn. Anhand einer Reihe von Experimenten beschreibt Antonio Damasio, einer der bedeutendsten Hirnforscher der Gegenwart, das Geschehen wie folgt:[2] Sobald die unerwünschten Ergebnisse, die mit einer gegebenen Reaktionsmöglichkeit verknüpft sind, in unserer Vorstellung auftauchen, bekommen wir, wenn auch ganz kurz, eine unangenehme Empfindung, ein *Gefühl* im Bauch. Dieses *Gefühl* lenkt die Aufmerksamkeit auf die negativen Folgen, die eine bestimmte Handlung nach sich ziehen würde. Die *Empfindung im Bauch* wirkt wie ein automatisches Warnsignal und bewegt den Handelnden zu Vorsicht und Unterlassen der gedachten Alternative. Das negative automatische Signal wirkt wie eine Bremse und schützt uns vor Verlusten. Zugleich schalten wir zu anderen Alternativen, die uns vorteilhaft erscheinen.

Das Gehirn hat gewiss die Möglichkeit, im Nachhinein eine Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen. Diese erfolgt aber erst, nachdem die *Gefühle* – die auf Erfahrungen und Lernprozessen beruhen – bereits aufgetreten sind und die Zahl der Wahlmöglichkeiten erheblich reduziert haben. Diese *Gefühle* nehmen uns nicht das Denken ab, sondern helfen dem Denkprozess, indem sie die negativen Wahlmöglichkeiten sofort ins rechte Licht rücken und diese aus allen weiteren Überlegungen ausklammern.

Politik und der Stellenwert der Gefühle

Die Einsicht, dass Politik als lebendiges soziales Geschehen mit all jenen Gefühlen konfrontiert ist, die wir als Menschen tagtäglich erleben, ist so alt wie die Politik selbst. Neu ist: Die Gefühle sind in rationale Entscheidungen eingebunden und als Antrieb für diese *unerlässlich*. Diese revolutionäre Erkenntnis stellt nicht nur unser neuzeitliches Verständnis von Rationalität in Frage. Die gesamte politische Geschichte könnte mit Blick auf die Erkenntnisse der Emotionsforschung in ein neues Licht gerückt werden. Wie wir mit Gefühlen in der Politik umgehen, ist bislang eine eher verschwiegene Sache, obwohl kein Zweifel daran besteht, dass Gefühle „kulturelle Stile“ bis hin zum kulturellen Selbstverständnis ganzer Gesellschaften prägen.

Das Einbeziehen der Emotionen in die Forschung stellt die Politikwissenschaft vor eine Reihe offener Fragen: Was waren die treibenden Gefühle bei der Begründung der Staatsformen in der Antike, im Mittelalter und in der Neuzeit? Welchen Einfluss haben Angst, Hass, Machtgier, verletztes Ehrgefühl, Zorn usw. auf den Ausbruch von Kriegen und Konflikten? In welche Gefühle sind die Theorien des Konservatismus, des Liberalismus und des Sozialismus eingebettet? Welche Gefühle stehen im Einklang mit demokratischer Rationalität?

Die Geschichte der freiheitlichen Ordnung begann nicht nur mit revolutionären Ideen,

[2] Vgl. Antonio R. Damasio, Descartes’ Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn, Neuauflage, Berlin 2006, S. 237 f.

sondern auch mit Leidenschaften und spezifischen Gefühlen. Während der Renaissance entstand der Gedanke, Religion und Philosophie seien nicht mehr in der Lage, die destruktiven Leidenschaften des Menschen zu zähmen. Dem absolutistischen Staat der Frühen Neuzeit kam die Aufgabe zu, Affekte, Laster, Gemeinheiten und Egoismen seiner Bürger unter Kontrolle zu bringen und *law and order* herzustellen. Für Thomas Hobbes, den Theoretiker des Absolutismus, standen „Angst" und „Selbsterhaltungstrieb" im Mittelpunkt seiner Überlegungen. Die liberalen Theoretiker gingen hingegen nicht mehr von der pessimistischen Anthropologie der Epoche der Bürgerkriege aus, sondern von einem optimistischen Fortschrittsglauben. Ihr leitendes Motiv war es, das „Wohlergehen" und die „Zufriedenheit" des Individuums zu sichern. Affekte und Leidenschaften des Menschen sollten nicht unterdrückt, sondern eingespannt und für das Gemeinwohl nutzbar gemacht werden.

Die europäische Aufklärung weist dem Verstand eine besondere Stellung zu. Die Realisierung der natürlichen Triebe, Affekte und Leidenschaften gewinnen dabei eine grundsätzlich positive Qualität. In der Literatur dieser Epoche taucht der neue und positive Begriff „Interesse" auf. Er wird den „Leidenschaften" der Menschen, die oft als negativ und unberechenbar galten, gegenübergestellt. Ein gründliches Studium der Schriften von politischen Denkern des 17. und 18. Jahrhunderts – etwa John Locke, Montesquieu und Immanuel Kant – macht die starke Leitung ihrer Ideen durch freiheitliche Gefühle deutlich. Die zentralen Begriffe der liberalen Demokratie, die das Repertoire der politischen Sprache bilden, „Wohlfahrt", „Freiheit", „Gleichheit", „Gerechtigkeit", „Brüderlichkeit", „Solidarität" und „Würde des Menschen", haben starke emotionale Komponenten. Schon lange bevor diese Ideen ihren rechtlichen Ausdruck in den demokratischen Verfassungen fanden, waren sie bei den Wegbereitern der demokratischen Verfassungen leidenschaftlich wirksam. Der Wunsch nach Freiheit setzte die Idee der Gleichwertigkeit aller Menschen voraus, und dies war ohne bindende Gefühle der Brüderlichkeit und der Solidarität nicht denkbar. Erst durch die rechtliche Konkretisierung dieser Wünsche war der abstrakte Begriff der „Würde des Menschen" realisierbar. Die emotionale Bindung an diese Prinzipien veranlasste die Vorkämpfer der freiheitlichen Ordnung, die Risiken einer repressiven und absolutistischen Herrschaft auf sich zu nehmen.

Die politischen Theoretiker der nachfolgenden Generationen haben Emotionen aus ihren Theorien ausgeklammert, obwohl ihre Wirksamkeit an verschiedenen Stellen der politischen Schriften nachweisbar ist. Der Grund liegt in der Tradition des abendländischen Denkens, welche Emotionen hauptsächlich als Störfaktoren im Denken und Handeln des Menschen betrachtet. Selbst Psychologen haben sich lange kaum um die Emotionen gekümmert. Fühlen und Denken, Emotion und Kognition, Affekt und Logik sind in der Psychologie als Gegensatzpaare isoliert untersucht worden und nicht in ihrem regelhaften Zusammenwirken.

Die Dualität von Verstand und Gefühl und die geringe Wertschätzung von Emotionen in der abendländischen Kultur beruht wahrscheinlich auf der Tatsache, dass der triebhafte und zerstörerische Anteil der Gefühle einen Störfaktor für den Verstand und den Fortschritt bilden. Erst die Überwindung der Affekte als Antagonisten der Vernunft könne den Menschen zu einer höheren Form des Daseins als ein Kulturwesen aufwerten. Nur die *ratio* sei in der Lage, den Menschen aus dem drohenden Meer der Ungewissheit zu retten und zur Insel der Sicherheit zu führen.

Demokratie und Gefahren der Emotionalisierung

Seit einigen Jahren sind wir in den westlichen Demokratien Zeugen einer Verschiebung des politischen Systems: von der Parteien- zur Mediendemokratie. Dieses Phänomen wird von manchen als Mediokratie bezeichnet. Die Politik wird in einer Mediendemokratie zunehmend von den Medien inszeniert. Inhalte lösen sich immer mehr in der Form der Darstellung und im theatralischen Auftritt auf. Die Medienwelt, die unsere Wirklichkeit konstruiert, folgt anderen Gesetzen als Rationalitätskriterien. Ihr Erfolgsrezept lautet: *Maximierung von Emotionen und Erregungen*, damit die Show ein Höchstmaß an Spannung gewinnt. Da die Politik sich zunehmend an den Funktionsmechanismen des Medienbetriebs orientiert, ist die Auseinanderset-

zung mit der Rolle von Emotionen in der Demokratie dringender denn je.

Die grundlegende Stilmittel der Medienberichterstattung lauten: *Personalisierung, Emotionalisierung* und *Dramatisierung*. Eine bestimmte Politik wird mit einer bestimmten Person verbunden. Die Wähler nehmen schließlich die Person an Stelle des politischen Programms wahr. Politische Auseinandersetzungen und Wahlkämpfe werden durch Emotionen bestimmt. Gefühle wie Hass, Neid, Eifersucht, ebenso Mitleid werden ins Spiel gebracht, um das Interesse der Wählerinnen und Wähler zu erwecken. Wirkungsvoll erscheint eine Inszenierung dann, wenn das Element der Dramatisierung ins Spiel kommt. Die Emotionen steigern sich beim Kampf starker Kontrahenten. In einer Ereignisdemokratie sucht die Medienöffentlichkeit nach dramatischem Stoff.

Die tatsächlichen Probleme der Politik, Transnationalisierungsprozesse, die nationale Regierungen zunehmend vor Handlungsprobleme stellen und die Grundlagen jedweder Politik verändern, die exponentielle Zunahme der kommunikativen, wirtschaftlichen, ökologischen und politischen Verflechtungen, die Delegation von Souveränität und Kompetenzen an supranationale Organisationen, die den Handlungsspielraum der nationalen Regierungen minimiert, sind offenkundig keine interessanten Themen für die Mediengesellschaft.

Die Medien als die mit Abstand wichtigste Informationsquelle gestalten Stimmungen und Einstellungen der Bürger. Der Einfluss von Medienberichten auf *Politik(er)verdrossenheit* ist mittlerweile unbestritten. Dieser unscharfe Begriff steht für die Zusammenfassung verschiedener negativer Haltungen gegenüber der Politik: Uninteressiertheit, Distanz, Ablehnung. Empirische Studien sind zu vielsagenden Ergebnissen gelangt: Menschen, die aus Massenmedien viele negative Informationen über Politik erhalten, ändern ihre Urteile über Politik zum Negativen – unabhängig von der tatsächlichen Ereignislage. Dagegen ändern Menschen, die im gleichen Zeitraum viele positive Informationen erhalten, ihre Meinung nicht zum Positiven.[3]

Die Mediatisierung von Politik und der damit verbundene Systemwandel werden von der Mehrheit der Experten mit Skepsis beobachtet und als Gefährdung der Demokratie dargestellt. Hochmütig weisen viele Wissenschaftler auf die Gefahren der Entsachlichung und Vereinfachung der Politik durch Medien hin. Volksverdummung, Ausverkauf der Politik an den Markt und eine Showmaschinerie, die zur Verblendung der Wähler führe, seien Verfallszeichen der Mediendemokratie.[4]

In der Demokratietheorie spielen die Medien nur eine periphere Rolle. Zur Legitimationsbasis des demokratischen Systems gehört der rationale Prozess der Willensbildung mit Hilfe der politischen Parteien, die eine faire Auseinandersetzung mit der Sache in den Mittelpunkt stellen, obwohl sie von Interessenstandpunkten geprägt sind. Dem gegenüber steht das Bild der rational denkenden und handelnden Bürger, die sich im Diskurs an Themen des öffentlichen Interesses beteiligen und sich weitgehend unabhängig ihre Meinung bilden. Gerade dieses Menschenbild verliert durch die empirischen Befunde der Hirnforschung seine Relevanz.

Politische Emotionsforschung

Eine der tief greifenden gesellschaftlichen Veränderungen der Gegenwart ist nach Auffassung kritischer Beobachter der Rationalitätsverlust des öffentlichen Diskurses. In diesem Zusammenhang ist das Einbeziehen der Emotionsforschung in die politischen und politikwissenschaftlichen Diskussionen unerlässlich. Sie öffnet neue Untersuchungsfelder und bietet Möglichkeiten zur Erweiterung und Stabilisierung der Demokratie in der Mediengesellschaft.

Der Bewertungsmaßstab zur politischen Emotionsforschung darf jedoch nicht der Neurowissenschaft entnommen werden. Ein disziplinär eigenständiger Maßstab scheint im Rahmen der politischen Theorie sinnvoller und für die politische Praxis gewinnbringender zu sein. Die Neurobiologie liefert bedeutende Impulse, um eine vernachlässigte Di-

[3] Vgl. Marcus Maurer, Politikverdrossenheit durch Medienberichte: Eine Paneluntersuchung, Konstanz 2003.

[4] Vgl. Thomas Meyer, Mediokratie. Die Kolonisierung der Politik durch die Medien, Frankfurt/M. 2001; Andreas Dörner, Politainment. Politik in der medialen Erlebnisgesellschaft, Frankfurt/M. 2001.

mension des menschlichen Verhaltens, Emotionen und Gefühle, in die Theorie und Praxis aufzunehmen und dadurch die Aussagekraft der Theorien zu steigern. Für die Politik ist das Phänomen der Emotionen nicht als solche interessant, sondern jeweils in Verbindung mit politischer oder politikwissenschaftlicher Diskussion unter Berücksichtigung des Grundsatzes, dass alle rationalen oder scheinbar rationalen politischen Phänomene in Emotionen und Gefühle eingebunden sind. Die Aufgabe der Forschung könnte darin bestehen, die begleitenden Emotionen oder Gefühle ausfindig zu machen und über ihre Verträglichkeit mit rationalen Prozessen Aussagen zu treffen. Die Forschungsfragen werden wahrscheinlich in theoretischen und empirischen Feldern unterschiedlich ausfallen. Für eine Reihe von politikwissenschaftlichen Teilbereichen ist die Auseinandersetzung mit der Rolle von Emotionen und Gefühlen dringend notwendig.

Wahlforschung. Offensichtlich sind Umfragen der Forschungsinstitute unter den neuen Rahmenbedingungen kaum mehr geeignet, gültige Voraussagen über das Wahlverhalten der Bürgerinnen und Bürger zu treffen. Die Wahlforschung geht in der Regel von rationalen Überlegungen der Befragten aus. Da die Parteien sich aber immer weniger voneinander unterscheiden, wird es für die Bevölkerung schwieriger, die komplexen Zusammenhänge der Politik sachlich zu beurteilen. Deshalb werden Wahlentscheidungen immer stärker nach emotionalen Kriterien getroffen. Die klassische Demoskopie ist immer weniger in der Lage, die tatsächlich handlungsrelevanten Kriterien zu erfassen. Wähler ändern immer schneller ihre Meinungen. Welche Emotionen sollen in der Wahlforschung berücksichtigt werden? Wie verhalten sich die Rationalität und Emotionalität der Wahlbürger zueinander? Wie kann eine Dissonanz der beiden Faktoren Rationalität und Emotionalität vermieden werden, damit das Wahlvolk nicht irrational handelt? Wo liegen die Grenzen der Emotionalisierung von Wahlkämpfen? Wie kann die Plausibilität der Demoskopie gesteigert werden, ohne dabei die Grundsätze demokratischer Wahlen zu verletzen?

Extremismusforschung. Rechtsextremist ist nach verfassungsrechtlicher Lesart, wer zu Nationalismus und Rassismus neigt und ein autoritäres politisches System mit der Ideologie der „Volksgemeinschaft“ anstrebt. Ein Linksextremist sieht das Grundübel in der kapitalistischen Liberalgesellschaft. Der demokratische Staat und seine Institutionen seien Ausdruck eines von Rassismus und Faschismus geprägten Kapitalismus, den man stürzen könne, ja müsse. Eine nähere Auseinandersetzung mit Verhaltensweisen von Extremisten zeigt deutlich, wie intensiv und radikal die Emotionen in dieser Bevölkerungsgruppen wirksam sind. Die Extremismusforschung könnte theoretischen und praktischen Gewinn aus der Rezeption der Emotionsforschung ziehen.

Demokratieforschung und politische Bildung. Wenn ein Ergänzungsverhältnis zwischen Verstand und Gefühl besteht, stellt sich die Frage: Welche Gefühle sind für das rationale Handeln in der Demokratie förderlich? Die Auseinandersetzung mit den Gefühlen, die demokratiefördernd sind, und diejenigen, die sie schwächen werden, könnte eine Aufgabe der politischen Emotionsforschung sein. Besteht eine Assoziation und ein Ergänzungsverhältnis zwischen pro-demokratischem Gefühl und rationaler Entscheidung – so lautet die schlussfolgernde These dieses Beitrages –, dann ist das politische Handeln demokratisch. Wenn diese Assoziation fehlt, werden die Handlungen in letzter Konsequenz demokratiefeindlich sein. Hinter vielen politischen Konflikten und Skandalen wie Korruption, welche auch in demokratischen Gesellschaften keine Seltenheit sind, steckt oft eine Dissonanz von Gefühl und Verstand. Eine bewusste Schulung der Gefühle könnte zur Stabilität der Demokratie beitragen, besonders in einer Zeit des Umbruchs und der Mediatisierung der Politik.

Demokratie und die Schulung der Gefühle

Bildungsprozesse sind der Rationalität verpflichtet. Eine Aufgabe der politischen Bildung ist die Befähigung der Bürger zu rationaler Urteilsbildung. Politische Bildung heißt nicht nur, politische Vorgänge und Prozesse zu verstehen und den Sinn verfassungsrechtlicher Regelungen zu erkennen. Zu demokratischer Kompetenz gehören Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit, die Fähigkeit zur Übernahme anderer Perspektiven, Konflikt-

fähigkeit, Empathie, die Fähigkeit, Toleranz zu üben und mit Regeln umzugehen.

Die primäre Sprache, die ein Mensch lernt, ist die Sprache der Gefühle, eine globale Sprache im Vergleich mit der logischen Sprache, die er später erlernt. Gefühle helfen uns in der Kommunikation mit anderen Menschen, um mit ihnen adäquat umzugehen. Das menschliche Denksystem hat sich im Laufe der Evolution als Erweiterung des automatischen Gefühlssystems entwickelt, schreibt Damasio. Gefühle übernehmen dabei verschiedene Funktionen im Denkprozess. Sie können zum Beispiel die Auffälligkeit einer Prämisse verstärken und dadurch die Schlussfolgerung zugunsten dieser Prämisse verschieben. Gefühle helfen, so Damasio, diejenigen Tatsachen im Bewusstsein präsent zu halten, die es bei einer rationalen Entscheidung zu berücksichtigen gilt.[5]

Wie die Emotionsforschung zeigt, bilden Gefühle das Substrat vorangegangener Erfahrungen, früherer Auseinandersetzungen und überdauernder Wertvorstellungen. Sie liefern daher eine plausible Grundlage für das Handeln. Unser Organismus und unsere Psyche lernen schnell und nachhaltig durch starke emotionale Erfahrungen. Diese Mechanismen können schon in frühkindlicher Erziehung und im Schulalter eingesetzt werden, um demokratische Verhaltensweisen spielerisch-emotional zu lernen und zu verinnerlichen.

Welche Gefühle sollen in Verbindung mit demokratischen Tugenden erlernt werden? Dazu einige Anregungen.

Partizipation. Ganz oben auf der Skala der demokratischen Werte steht die aktive Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger. Sie setzt jedoch Selbstwertgefühl und Selbstvertrauen voraus: Mut haben, Wirkung entfalten und Verantwortung übernehmen. Alle diese Gefühle sollten ganz früh in der Familie und später in der Schule entwickelt und gefördert werden.

Solidarität. Das Zusammengehörigkeitsgefühl von Individuen oder Gruppen in einem Sozialgefüge äußert sich in gegenseitiger Hilfe und Unterstützung. Wer Menschlichkeit und Hilfsbereitschaft nicht in der Kindheit erlebt und praktiziert hat, wird im Erwachsenenalter kaum in der Lage sein, solidarisch zu handeln.

Gerechtigkeit und Fairness. Gerechtes Handeln setzt eine Reihe von Gefühlen voraus, z. B. sich in andere hineinversetzen zu können, die Bereitschaft zu teilen, Gleichwertigkeit zu empfinden, Verschiedenheit oder Pluralität zu akzeptieren. Gerecht zu urteilen ist eine Tugend, die sorgsam erlernt werden muss.

Fähigkeit zur Teamarbeit. Menschen handeln in der Regel nach Schemata, die sie im Laufe ihrer Sozialisation entwickelt haben. Wie sie andere sehen, einschätzen und mit ihnen umgehen, verläuft nach einem bestimmten Muster. Wer in seiner Entwicklung ein Freund-Feind-Schema erworben hat, teilt die Menschen in gute oder schlechte ein. Mit „Feinden" ist Kooperation und selbst Kommunikation problematisch. Konkurrenzkampf nimmt nach diesem Schema oft undemokratische Züge an.

Demokratiefeindliche Gefühle. Die Palette der emotional-undemokratisch gesteuerten Dynamiken ist groß: Neid, Wut, Hass, autoritäre Machtausübung, beleidigter Rückzug, Geltungssucht, Rivalität, Kooperationsweigerung, Seilschaften. Die Demokratietheorie setzt sich konzeptionell stillschweigend gegen solche Gefühle ein, die dem Menschen den Verstand rauben, ohne aber eigens auf diese einzugehen.

Fazit

Der Hirnforschung kommt das Verdienst zu, unser Verständnis von der Rationalität und der Gestaltungskraft der Gefühle erweitert zu haben. Die Tatsache, dass Gefühl und Kalkül eng miteinander verknüpft sind und daher gemeinsam zu berücksichtigen seien, wenn politisches Handeln verständlich werden soll, findet zunehmend Zugang in die politische Literatur.

Strategien zu entwickeln, um demokratienützliche Gefühle zu fördern und demokratiefeindliche Emotionen zu dämpfen, ist nicht nur eine individuelle Pflicht, sondern auch eine epistemologische Aufgabe.

[5] Vgl. A. R. Damasio (Anm. 2), S. IV.

APuZ

Nächste Ausgabe 46/2008 · 10. November 2008

UN und Menschenrechte

Bardo Fassbender
Idee und Anspruch der Menschenrechte im Völkerrecht

Christian Schaller
Gibt es eine „Responsibility to Protect"?

Sven Bernhard Gareis
Der Menschenrechtsrat: Neue Kraft für den Menschenrechtsschutz?

Jörg Lange
Migration und die Allgemeine Erklärung der Menschenrechte

Kerstin Martens
Die Rolle der NGOs bei der Entwicklung der Menschenrechte

Anja Mihr
Die Vereinten Nationen und Menschenrechtsbildung

Herausgegeben von
der Bundeszentrale
für politische Bildung
Adenauerallee 86
53113 Bonn.



Redaktion

Dr. Katharina Belwe
Dr. Hans-Georg Golz
(verantwortlich für diese Ausgabe)
Manuel Halbauer (Volontär)
Johannes Piepenbrink

Telefon: (0 18 88) 5 15-0
oder (02 28) 9 95 15-0

Internet

www.bpb.de/apuz
apuz@bpb.de

Druck

Frankfurter Societäts-Druckerei GmbH
Frankenallee 71–81
60327 Frankfurt am Main.

Vertrieb und Leserservice

- Nachbestellungen der Zeitschrift Aus Politik und Zeitgeschichte
- Abonnementsbestellungen der Wochenzeitung einschließlich APuZ zum Preis von Euro 19,15 halbjährlich, Jahresvorzugspreis Euro 34,90 einschließlich Mehrwertsteuer; Kündigung drei Wochen vor Ablauf des Berechnungszeitraumes

Vertriebsabteilung der
Wochenzeitung Das **Parlament**
Frankenallee 71–81
60327 Frankfurt am Main.
Telefon (0 69) 75 01-42 53
Telefax (0 69) 75 01-45 02
parlament@fsd.de

ISSN 0479-611 X

Hirnforschung

APuZ 44–45/2008